

Metoda konečných prvků

Kontaktní úlohy

Ing. Petr Lehner

Co se dnes dozvíte?

Kontaktní úlohy.

Typické příklady.

Tření v kontaktu.

Přístup k řešení kontaktů.

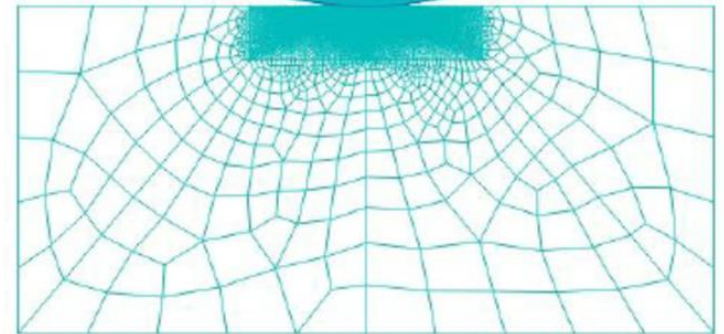
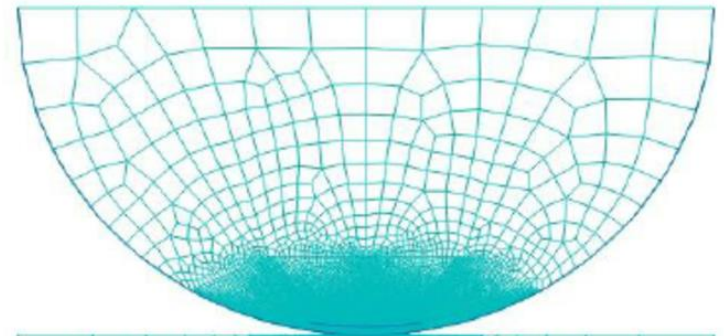
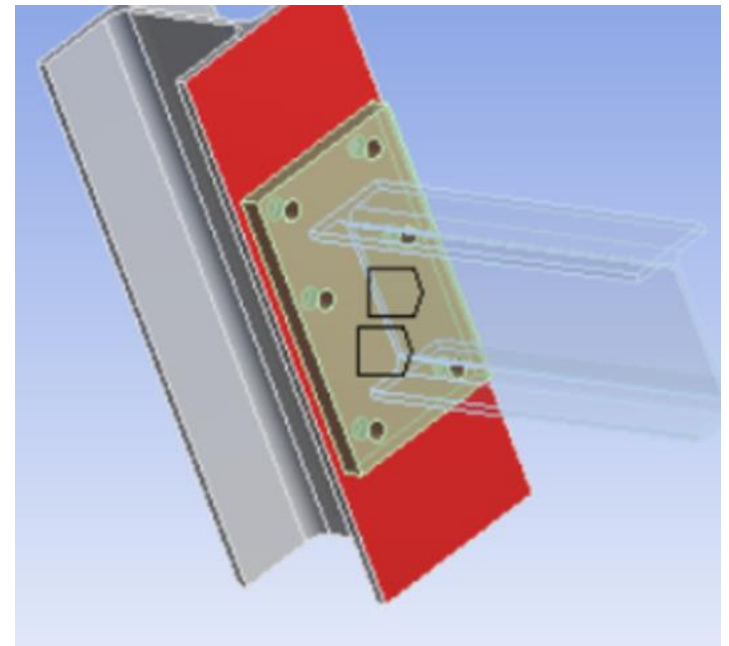
Nastavení kontaktů – Ansys.

Kontaktní úlohy

Kontaktní úloha řeší problém interakce těles, které se navzájem dotýkají a působí na sebe silami.

Vztah mezi silou a deformací není lineární.

Kontaktní plocha se nelineárně zvětšuje.



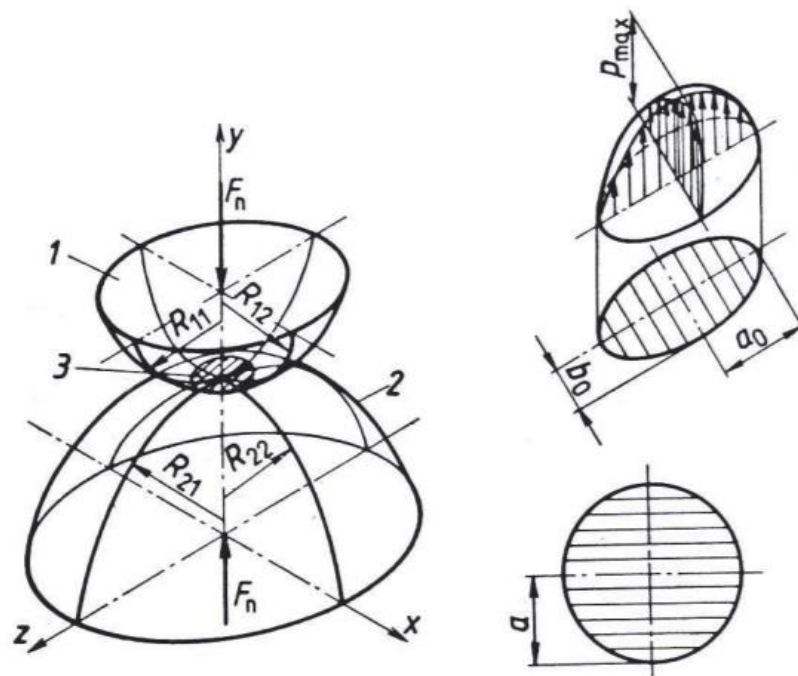
Kontaktní úlohy z hlediska MKP

Před kontaktem na hranici neexistuje kinematická podmínka.

Během kontaktu vzniká podmínka bránící pronikání kontaktních hranic těles.

Hertzova teorie (bez tření):

- v dotykovém bodě např. koule-koule
- v dotykové přímce např. válec-válec



Kontakt dvou těles

- 1 – první těleso, 2 – druhé těleso,
- 3 – Hertzova elipsa

Není vhodné pro další úlohy.

Kontakt s třením a bez tření

Bez tření:

- Normálové složky síly se přenáší.
- Kontaktní povrchy se mohou vzájemně oddělit a nemohou penetrovat.
- Smyková složka sil je nulová.

S třením:

- Přenáší se normálové a smykové složky sil

$$F_f = c + \mu \times N$$

Typické příklady

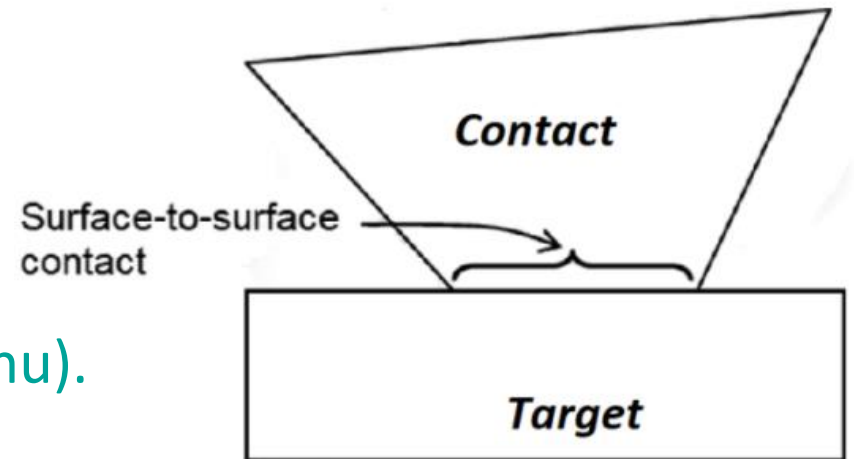
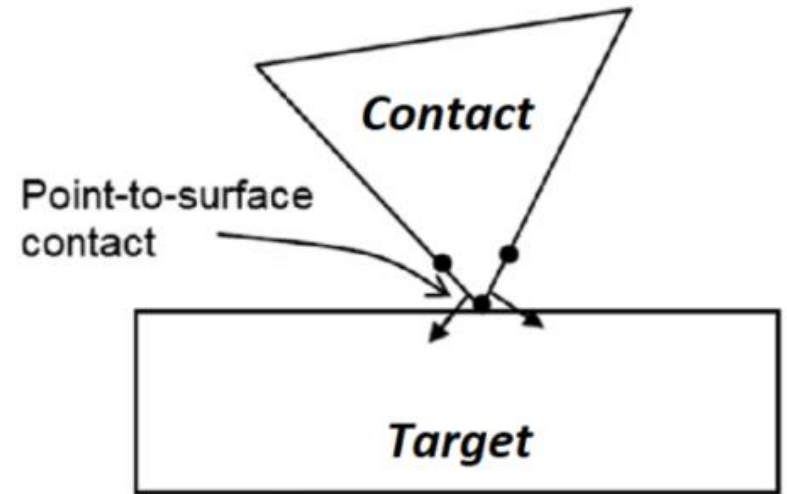
V praxi najdeme dva základní typy:

- tuhé vs poddajné těleso,
- poddajné vs poddajné těleso.

Dále dělíme podle diskretizace v MKP:

- point to point (uzel na uzel),
- point to surface (uzel na plochu),
- surface to surface (plocha na plochu).

Kontakt se musí definovat (nastavit).

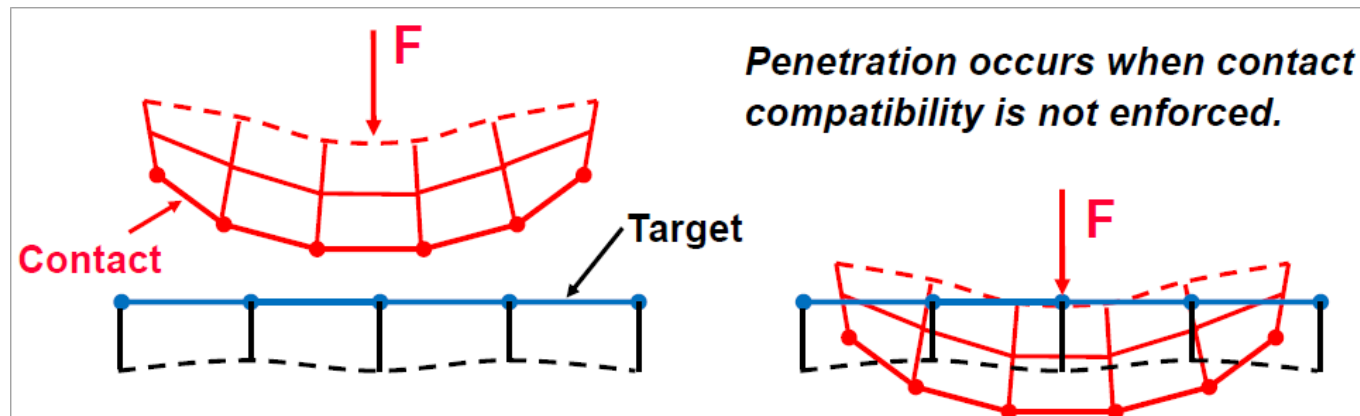


Definice pro surface to surface

V softwaru je potřeba určit, který povrch vyvolává kontakt (**contact**), a který povrchu je cílový (**target**) (někdy značeno **master a slave**).

Většinou:

- větší povrch je definován jako target, pokud je malý výrazně menší,
- konvexní (vypuklý) povrch jako kontaktní a konkávní jako target.



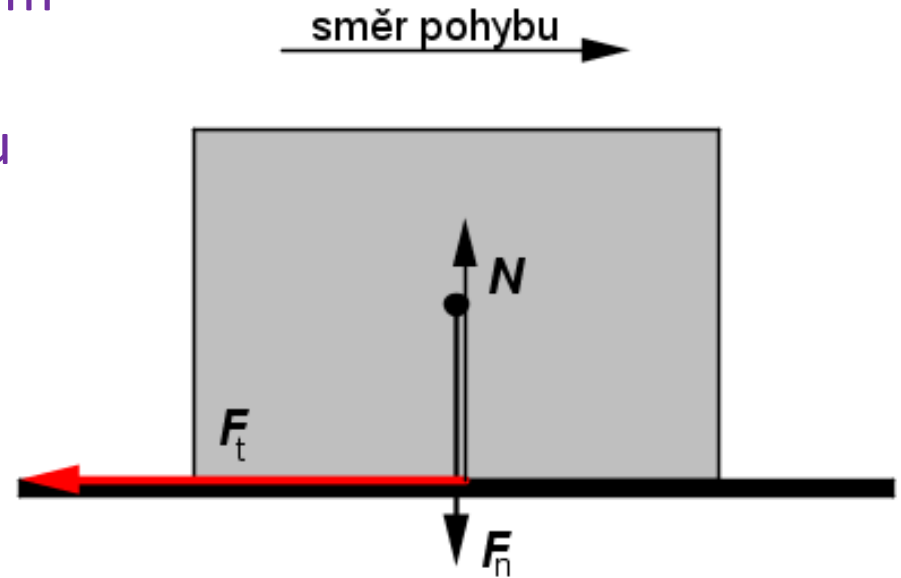
Tření v kontaktu - řešení

Ve většině kontaktů dochází ke tření.

Kontakt je definován nejen dotekem
ale vzájemným pohybem ve směru
ploch.

Aplikujeme koeficient tření:

- statický,
- dynamický.



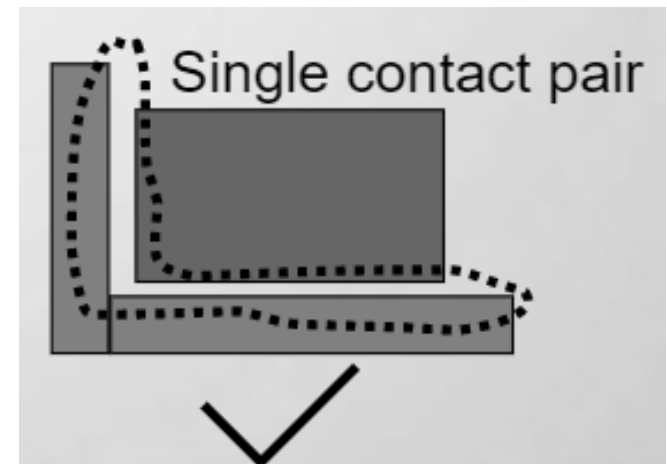
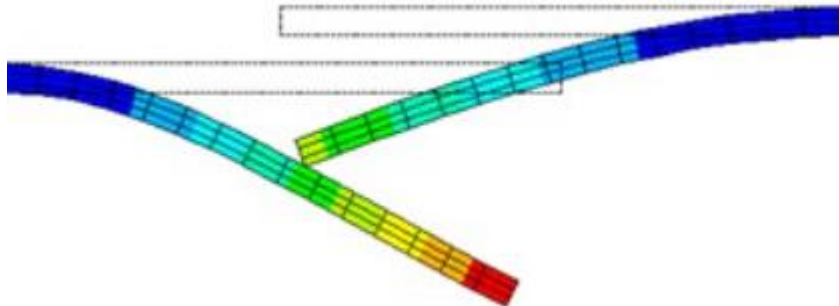
Přístupy k řešení kontaktů

Postup:

- identifikace bodů (ploch) na hranici kontaktů,
- zajištění podmínky neproknutelnosti povrchů.

Využití metody:

- Langrangeových multiplikátorů,
- Pokutový přístup.



Metoda Lagrangeových multiplikátorů

Nutno zkontrolovat podmínky nepronikání dvou povrchů pomocí::

$$\mathbf{G} \mathbf{r} - \mathbf{g}_0$$

kde \mathbf{g}_0 je počáteční mezera a \mathbf{G} jsou deformační parametry.

Do výpočtu energie zavedeme multiplikátor λ :

$$\Pi = \frac{1}{2} \mathbf{r}^T \mathbf{K} \mathbf{r} - \mathbf{F}^T \mathbf{r} + \lambda (\mathbf{G} \mathbf{r} - \mathbf{g}_0)$$

Výhody

Přesná metoda

Není nutné zavádět tuhost

Nevýhody

Parametr λ navíc

Objeví se 0 na diagonále –
citlivost výpočtu

Pokutové řešení

Princip je skoková změna tuhosti v místě penetrace povrchů:

$$(\mathbf{K} + \{\epsilon\} \mathbf{G}^T \mathbf{G}) \mathbf{r} = \mathbf{F}$$

Změna tuhosti prvku se projeví v matici tuhosti soustavy.

Výhody	Nevýhody
Nemění se stupně volnosti	Je potřeba určit míru penetrace – v rozporu z kinematikou
Spolehlivé i u velké soustavy rovnic	Konvergence závisí na nastavení tuhosti

Nastavení v programu Ansys

V Ansys máme tyto typy:

Jméno	Mezera	Klouzání	Popis
Bonded	Ne	Ne	„Slepeno“ k sobě.
Rough	Ano	Ne	Dokonalé tření.
No Separation	Ne	Ano	Posuv možný.
Frictionless	Ano	Ano	Posun při minimální tlaku.
Frictional	Ano	Ano s podmínkou	Zavedení koeficientu tření.

Co nás čeká příště?

Sdružená úloha.

Typy úloh.

Metody řešení.

Praktické ukázky.