
Komentovaný metodický list č. 01

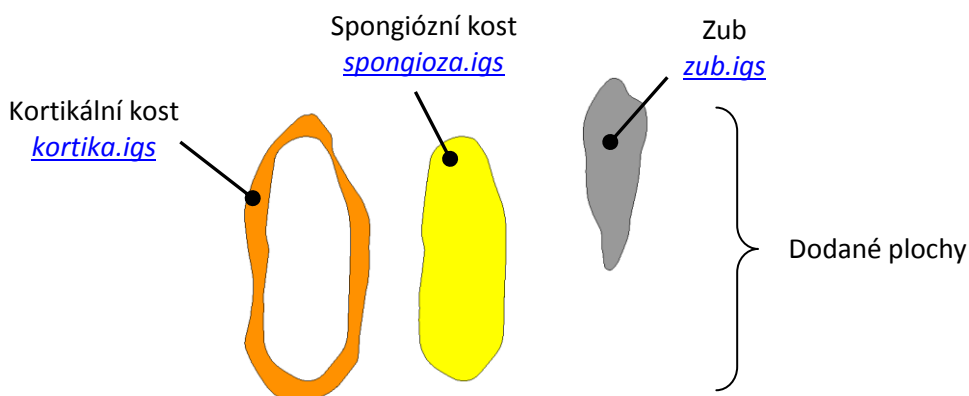
Vytvořil: Ing. Petr Marcián, Ing. Zdeněk Florian, CSc., Ing. Michal Mrázek v rámci grantového projektu FRVŠ 1402/2010/G1

Téma: Řešení deformace a napětí na 2D modelu segmentu dolní čelisti se zubem.

Zadání: Vytvořte výpočtový model dolní čelisti na 2D úrovni a provedte řešení deformace a napětí.

Řešení:

Cílem tohoto cvičení je na základě dodaných 2D modelů geometrie vytvořit model 2D úrovně dolní čelisti se zubem, kostní tkáně a periodontiem. Vytvořit výpočtový model z ploch vytvořených z CT snímků a dodaných ve formátu *.iges – [kortika.iges](#), [spongioza.iges](#), [zub.iges](#) (obr. 1). Součástí řešení je i tvorba části modelu geometrie v programu SolidWorks.



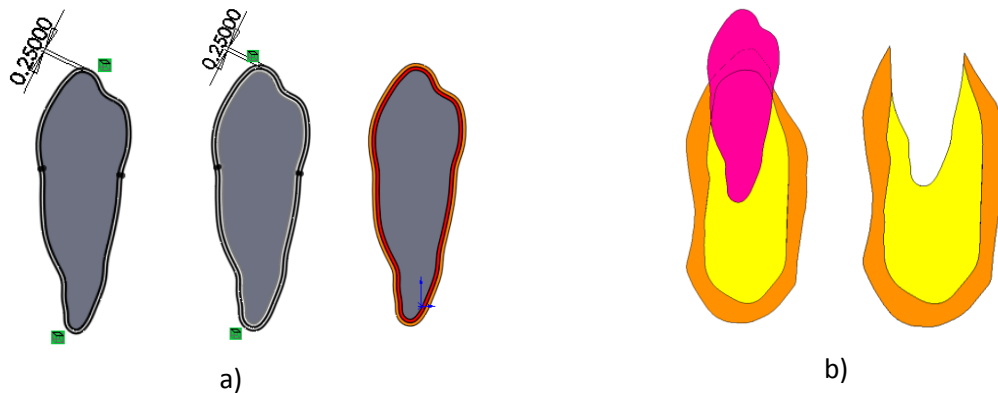
Obr. 1: Model geometrie kostní tkáně a zubu.

Tvorba modelu geometrie

V modelu geometrie není vytvořeno periodontium a vrstva kosti (*lamina dura*) mezi spongiózou a periodontiem. Tloušťku periodontia a vrstvy lamina dury volte 0.25 mm.

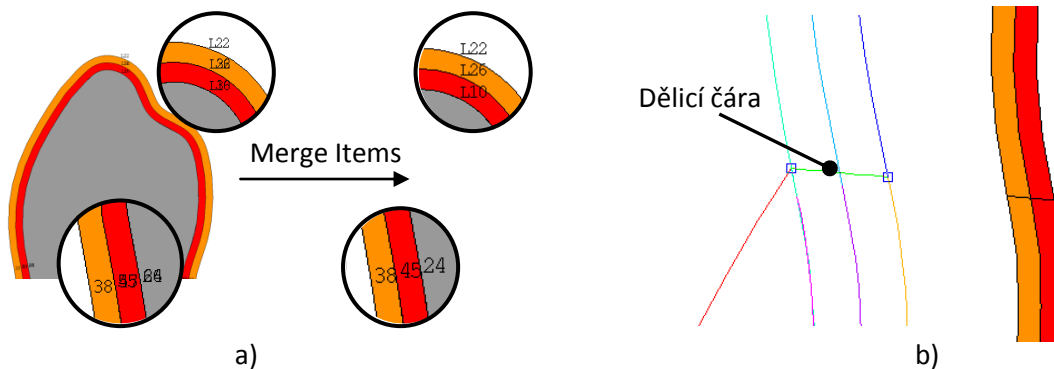
Model zubu otevřete v programovém prostředí SolidWorks a ve skice pomocí funkce „převést entity“ se vytvoří křivka obrysu. Funkce „odsadit entity“ vytvoří křivku kopírující tvar zubu (obr. 2a). Tím vznikla křivka pro tvorbu vrstvy periodontia. Stejným způsobem je vytvořena i křivka pro vrstvu lamina dura. Následně se v panelu plochy pomocí funkce „rovinný povrch“ vytvoří plochy ze skic. Získaná geometrie se importuje do programového prostředí ANSYS.

Pomocí vnější křivky popisující vrstvu lamina dura je vytvořena v preprocesoru ANSYSu plocha „Preprocessor/Modeling/Create/Areas/ Arbitrary/By Lines“, označená na obrázku 2b) fialovou barvou, která je odečtena od modelu kostí (obr. 2b) „Preprocessor/Modeling/Operate/Booleans/ Subtract/Areas“. Tím vznikne požadované lože pro zub se svým okolím.



Obr. 2: a) Tvorba modelu geometrie periodontia a lamina dura
b) úprava geometrie kosti.

Dalším krokem je spojení zubu s periodontiem a vrstvou lamina dura. Tyto prvky jsou spolu pevně spojeny. Toho je možné docílit tím, když sousedící plochy budou mít společnou geometrii, v našem případě Keypointy a Liny (obr. 3a). Pomocí operace Merge Items „Preprocessor/ Numbering Ctrl“ sjednotíme Keyponty tří ploch exportovaných ze SolidWorksu (nastavení tolerance 0.001). Dále rozdělíme plochy periodontia a laminy dura. K tomuto účelu je nejprve nutné vytvořit Liny (obr. 3b) „Preprocessor/Modeling/Create/Lines/Lines/StraightLine“, kterými rozdělíme plochy „Preprocessor/ Modeling/Operate/Booleans/Divide/Area by Line“.



Obr. 3: a) Merge Items – vytvoření společné geometrie sousedících ploch
b) rozdělení ploch.

Přebytečné plochy následně smažeme „Preprocessor/Modeling/Delete /Area and Below“. Pomocí funkce Glue „Preprocessor/Modeling/Operate/Booleans/Glue/Areas“ slepíme kortikální kost spongiózní kost a vrstvu lamina dura. Takto vytvořený model geometrie soustavy (obr. 4a) má na rozhraní dvou ploch společnou entitu, konečnoprvková síť MKP tak bude spojená.

Model materiálu

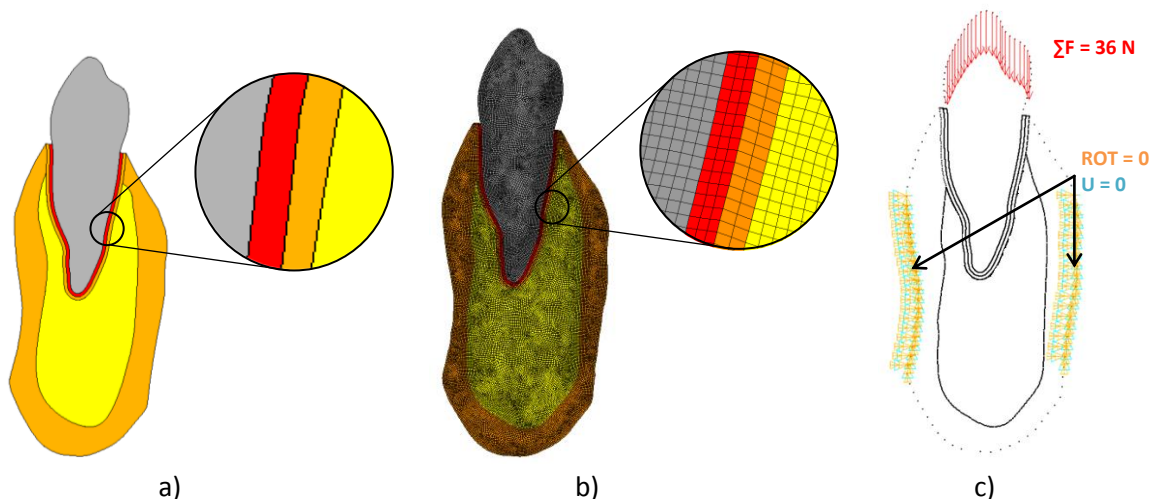
Všechny prvky soustavy jsou modelovány homogenním lineárně pružným izotropním modelem materiálu. Tento model je určen dvěma parametry, modulem pružnosti a poissonovým číslem. Materiálové konstanty je nutné zadat „Preprocessor/Material Props/Material Models“. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1.

	E [MPa]	μ [-]
Kortikála	13 700	0.3
Spongióza	750	0.3
Dentin	17 600	0.25
PDL	10	0.45

Tab. 1: Materiálové charakteristiky.

Tvorba MKP sítě

Řešená úloha je rovinná a proto bude použit rovinný typ elementu PLANE182 „Preprocessor/Element type/AddEditDelete“. Plochám přiřadíte požadovaný materiál a zadejte velikost elementu 0.1 mm (obr. 4b).



Obr. 4: a) Model geometrie soustavy, b) MKP model soustavy, c) model vazeb.

Model vazeb a zatížení

Statické řešení deformace a napjatosti vyžaduje nepohyblivě uložená tělesa, což představuje jejich jednoznačné vymezení v prostoru. K největším posuvům mezi čelistí a zubem dochází v periodonciu a spongiózní kostní tkáni, proto v modelu zamezíme posuvy ve střední části bukalní a linguální hranice (obr. 4c). „Preprocessor/Loads/DefineLoads/Apply/Structural/Displacement/OnNodes“. V odpovídajících bodech zamezíme posuvy ve všech směrech. Silové působení v koronoapikálním směru, tj. na korunku zubu se v literatuře uvádí v rozmezí 150-250N. V případě dvojrozměrného modelu (jednotková tloušťka) odpovídající hodnota je 36 N. „Preprocessor/Loads/Define Loads/Apply/Structural/ForceMoment/On Nodes“.

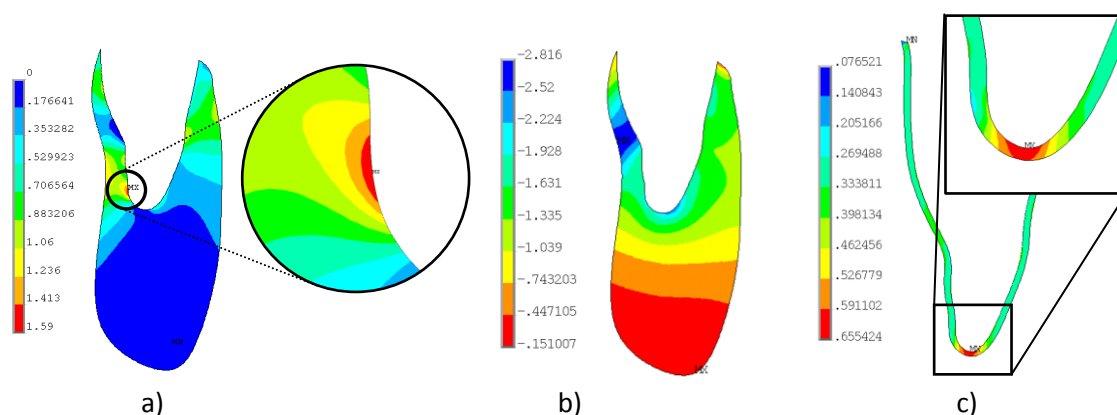
Nastavení řešiče

Jelikož součástí modelu je periodontium, které jakožto měkká tkáň vykazuje velkou deformaci, je vhodné nastavit řešič na řešení včetně velkých deformací (large displacement) tzn., že souřadnice tenzoru deformace jsou rozšířeny o derivace vyššího řádu, které jsou v případě malých deformací nepodstatné.

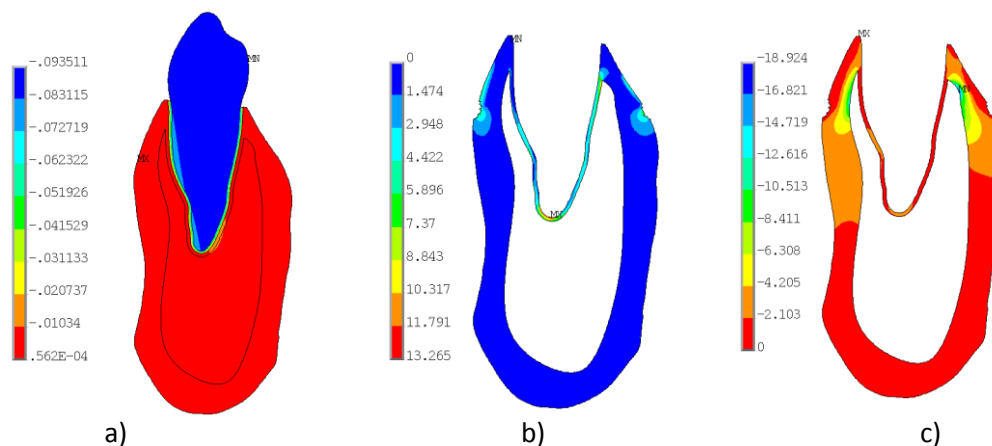
Pozn.: pro zrychlení výpočtu nastavte PCG řešič.

Prezentace výsledků

Na obrázku 5 a 6 jsou vykresleny hlavní napětí S1 a S3 pro spongiózní kost a posuvy celé soustavy ve směru zatížení tedy v korono-apikálním směru.



Obr. 5: a) První hlavní, b) třetí hlavní napětí ve spongiózní kosti, c) intenzita přetvoření periodontia.



Obr. 6: a) Posuvy celé soustavy se zubem, b) první hlavní, c) třetí hlavní napětí v kortikální kosti.

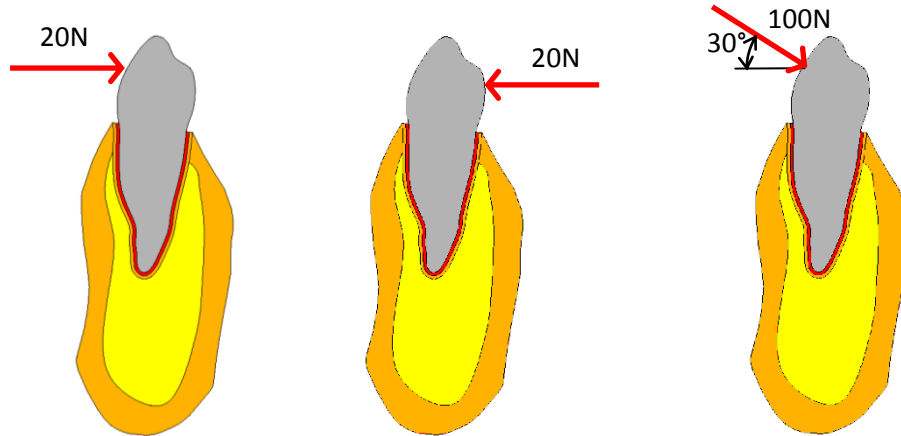
Závěr

Cílem tohoto zadání bylo procvíčit vytvoření modelu geometrie v ANSYSu s použitím booleovských operací, základního importu modelu geometrie a ukázky tvorby plošného modelu

v programu SolidWorks. Velice často je nutné některé operace provádět mimo prostředí ANSYSu, a to především při tvorbě tvarově složitých objektů, mezi které dolní čelist a zuby patří.

OTÁZKY A ÚKOLY:

1. Měňte silové zatížení zubu a zadejte i jiný směr působení zatížení.



2. Měňte vrstvu Lamina dura a periodotia, zjistěte tak jejich vliv na rozložení deformací a napjatosti.