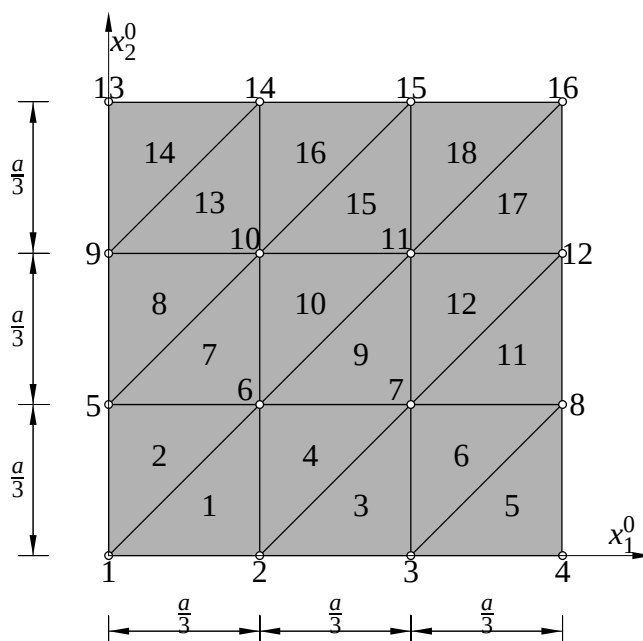


9. domača naloga iz Nelinearne mehanike, 13. 2. 2012

V kvadratni steni na sliki vlada ravninsko deformacijsko stanje.



Stena miruje. Lastno težo stene zanemari. V oglišču 1 je stena nepomično vrtljivo podprta. Preprečeni so vodoravni pomiki delcev na robu 1 – 13. Nalogo reši z izrekom o virtualnem delu v materialnem opisu ($\int_{V^0} S : \delta E dV^0 = \int_{S^0} \vec{p}^0 \cdot \delta \vec{u} dS^0 + \int_{V^0} \vec{f}^0 \cdot \delta \vec{u} dV^0$). Privzemi linearni konstitucijski zakon $S = \lambda \text{tr}(E)I + 2\mu E$. Stena je na robovih 13 – 16 in 1 – 4 obtežena z enakomerno specifično površinsko obtežbo velikosti p_0 , ki deluje v smeri zunanjih normal na ta dva robova.

- Predpostavi linearen potek dejanskih in virtualnih pomikov po vseh končnih elementih. Komponente pomikov $\vec{u} = u\vec{e}_1 + v\vec{e}_2$ in $\delta\vec{u} = \delta u\vec{e}_1 + \delta v\vec{e}_2$ interpoliraj z odsekoma linearnimi nastavki t.j. $u = \sum_{i=1}^m u_i p_i$, $v = \sum_{i=1}^m v_i p_i$, $\delta u = \sum_{i=1}^m \delta u_i p_i$, $\delta v = \sum_{i=1}^m \delta v_i p_i$. Bazni polinomi p_i so odsekoma linearni, npr. p_7 je po elementih 3,4,6,9,13,12 linearen polinom, ki je v vozlišču 7 enak 1, v vozliščih 2,3,6,8,11,12 in po vseh preostalih elementih pa enak nič. Konstruiraj sistem nelinearnih enačb za neznane vozliščne pomike u_i in v_i za celotno konstrukcijo.
- Z linearizacijo sistema nelinearnih enačb celotne konstrukcije določi tangentno togostno matriko konstrukcije. Določi tudi pripadajoči obtežni vektor konstrukcije.
- Z linearizacijo sistema nelinearnih enačb na nivoju enega končnega elementa določi tangentno togostno matriko končnega elementa. Določi tudi pripadajoči obtežni vektor končnega elementa.
- Z uporabo tangentne togostne matrike končnega elementa in obtežnega vektorja končnega elementa določi tangentno togostno matriko in obtežni vektor konstrukcije. Primerjaj dobljene rezultate z rezultati iz druge točke.
- Sistem nelinearnih enačb reši z uporabo Newtнове metode. Obtežbo nanašaj v majhnih obtežnih korakih. Obravnavaj hitrost konvergence v odvisnosti od velikosti obtežnega koraka.
- Določi končne vozliščne pomike in pripadajoče napetosti v steni.

Pri reševanju nalog privzemi sledeče podatke:

$a = 3 \text{ m}$, $E = 200\,000 \text{ MPa}$, $\nu = \frac{1}{3}$, $p_0 = 200 \text{ MPa}$.