FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2004. március 26-27.

MÉRNÖKI MÓDSZEREK ALKALMAZHATÓSÁGA ÖSSZETETT GEOMETRIÁJÚ SZERKEZETEK KOMPLEX TERHELÉSE ESETÉN

Köves Tibor, Tóth László

ABSTRACT

Dominant ratio of the engineering structures, machine parts have local stress, strain concentrators. The reliability and safety of these elements are determined by the local behaviour of materials at different loading conditions. Stress raisers generally termed **notches** require special attention as their presence reduces the resistance of a component to fatigue failure and brittle fracture which both of them are very dangerous because they always occur at nominal stress level below the yield stress. The relationship between the load and the elastic-plastic notch tip strains and stresses is often approximated by the Neuber rule [2] or the Equivalent Strain Energy Density (ESED) equation [3] instead of the expensive sophisticated numerical modelling. But the reliability of these methods depends mainly on the material and the geometry, so the research of the applicability criteria is relevant and the aim of this work.

BEVEZETÉS

A mérnöki szerkezetek döntő többsége, gépalkatrészek, nagy valószínűséggel tartalmaznak valamilyen feszültséggyűjtő helyet, melyeknek jelenléte sorsdöntő lehet a szerkezet különböző terhelésekkel szembeni ellenállásának és így megbízhatóságának szempontjából. E kritikus helyek (**bemetszések**) mindig fokozott figyelmet igényelnek, mert csökkentik az alkatrészek ellenállását a fáradásos tönkremenetel és a fáradásos töréssel szemben. Mindkettő nagyon veszélyes, mert a tönkremenetel megtörténik akkor is, ha a névleges feszültség a folyási határ alatt van. A kapcsolatot a bemetszés csúcsában a terhelés és a rugalmas-képlékeny feszültségek és alakváltozások között gyakran közelítik a teljes alakváltozási energiasűrűség egyenlőségére épülő Neuber módszerrel [2], vagy az egyenértékű alakváltozási energiasűrűségek (ESED) egyenlőségét feltételező Glinka módszer [3], a költséges és modern numerikus-modellezés helyett. Ezen módszerek megbízhatósága azonban függ az anyagtól, a geometriától és az alakváltozás mértékétől. Az alkalmazhatósági kritérium kutatásában segít ez a munka.

1. MÉRNÖKI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA ÖSSZETETT GEOMETRIÁJÚ SZERKEZETEK, KOMPLEX TERHELÉSE ESETÉN

Mivel egy összetett szerkezet esetén gyakorta igen nehezen határozható meg a valós, képlékeny alakváltozást is figyelembe vevő, feszültségállapot. Egyszerű alkatrészek (pl.: tengelyek, konzolok) feszültség gyűjtő pontjaira (pl.: vállak, beszurások) azonban léteznek olyan mérnöki módszerek, melyek alkalmasak a szerkezet megbízhatóságának megítélésére. Ezért egy olyan módszer kidolgozásán fáradozom, amely nem csak egyszerű (elemi) esetekre alkalmazható.

Sok tervezéssel is foglalkozó cég a mai világ legkorszerűbb 3D-s CAD alkalmazásait használja a tervezéshez. Általában ezek a szoftverek lehetőséget adnak az elkészült alkatrész gyors VEM modellezésére is, de legtöbb esetben nem lehetséges a képlékeny számítás elvégzése ezekkel a programrendszerekkel. Rugalmas számítás esetén egyes feszültséggyűjtő helyeken akár néhány 1000 MPa-os feszültség is kiadódhat, ami, mint tudjuk, a képlékeny anyag esetében leépül. Az a kérdés hogy a kialakult feszültség a kritikus szintre emelkedik-e, ezzel az alkatrész károsodását okozva, vagy a feszültség csak kis területre koncentrálódva leépül a képlékeny alakváltozás hatására. Ez a kérdés az iparban egy rendszeresen visszatérő probléma. Megoldásának egyik alternatívája, hogy fejlettebb VEM alkalmazással, időigényes rugalmas-képlékeny számítást végezzük el, ami egy újabb szoftver beszerzését vonja maga után, továbbá egy olyan szakembert igényel, aki képes az adott programot használni. Egy másik alternatíva, hogy a már egyébként is (legtöbbször) elvégzett VEM számítás - az adott 3D-s CAD alkalmazás rugalmas VEM moduljával - eredményét felhasználva próbálunk következtetni - a kidolgozás alatt álló módszerrel - arra, hogy elviseli-e a szerkezet, feszültséggyűjtő hely az adott terhelést.

2. A SZÁMÍTÁS MENETE

Számításomban egy 32"-os gömbcsapot vizsgáltam Pro/Engineer Wildfire programrendszerrel. Első lépésben a gömbcsap gömbjét modelleztem (1. ábra). A gömbcsap házának modellezését, a hálózási problémák miatt (globális-lokális geometriai sajátosságok), a későbbiekben kívánom elvégezni (2. ábra).

1. ábra

A gömbcsap gömbjének modellje és annak terhelései és kényszerei

2. ábra

A gömbcsap ház és a ház palástfúratának hálózási hibája miatti torz feszültségkép

A VEM számítást a Pro/Engineer Wildfire VEM moduljával végeztem, rugalmas anyagmodellel, ahol is az alakváltozási energiát határoztam meg. Rugalmas esetben az alakváltozási-energia = feszültség * alakváltozás/2. Ezt mutatja a következő ábra, valamint a legnagyobb alakváltozási energiájú pontot.

3. ábra

A gömb alakváltozási-energiái

A rugalmas-képlékeny anyagmodell alapján meghatározhatók a Glinka vagy Neuber módszer esetén szükséges alakváltozási energiák. A VEM számítás alapján kapott maximális alakváltozási-energiát, valamint a Glinka és Neuber alakváltozási energia görbéket felhasználva meghatározható a rugalmas VEM számításból, hogy képlékeny anyag esetén az adott pontban (ahol a maximum volt) mekkora várhatóan a valós feszültség (4. ábra).

Rugalmas számítással a max. feszültség $\sigma_{FEM}=293.2$ MPa. Ugyanabban a pontban, képlékeny anyag esetén, Neuber módszerrel kb. $\sigma_N=250$ MPa, Glinka módszerrel kb. $\sigma_G=240$ MPa a számított feszültség.

4. ábra
Rugalmas VEM eredmények átszámítása képlékeny anyagra

HIVATKOZÁSOK

[1] R. E. Peterson, *Stress concetration factors*, John Wiley and Sons, New York, USA (1974).
[2] H. Neuber *Theory of stress concetration far shear-strained prismatical bodies with arbitrary nonlinear stress-strain law*, Journal of Applied Mechanics 26, No.4 (1961) 544-550.
[3] G.Glinka, W. Ott, H. Nowack *Elastoplastic pláne strain analysis of stresses and strains at the notch root*, Journal of Engineering Materials and Technology, vol 110(1988) 195-204.

Köves Tibor¹, Tóth László²

¹doktorandusz hallgató, ²egyetemi tanár
^{1,2}Bay Zoltán Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet, 3519 Miskolctapolca, Bay Zoltán tér 1.
Tel: ¹⁻²+3646560120
Fax: ¹⁻²+3646422786,
E-mail: ¹kovest@alpha.bzlogi.hu, ²TLaszlo@bzlogi.hu