

ÜÇOYNAQLI TAĞIN ƏYİLMƏ FORMALARININ TƏDQIQI

Qarayeva N.E.

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

nigar6575@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə üçoynaqlı tağın əyilmə formalarının ədədi analizi aparılmışdır. Tağ müntəzəm, normal təzyiq altındadır. Ədədi analizin əsas məqsədi tağın əyilməsi zamanı tarazı formalarının tapılmasından ibarətdir. Nəticədə, tağın hamar əyilməsinin qeyri-xətti məsələsi adi diferensial tənliklər sistemi şəklində verilir.

Açar sözlər: üçoynaqlı tağ, sabit yüklənmə, qeyri-xətti deformasiya, parametrik tənlik, əyilmə momenti, tağın en kəsiyi.

Üçoynaqlı çərçivə modeli tağın qeyri-xətti deformasiyasının əsas xüsusiyyətlərini göstərən ilkin modellərdən biridir. Bu xüsusiyyətlər belədir:

- 1) sabit yüklənmə zamanı bir neçə tarazı formalarının varlığı;
- 2) dayanıqlığın “böyük” formada itirilməsinin mümkünlüyü.

İkinci xüsusiyyətin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, bu zaman dayanıqlığın itirilməsi bir formadan digər formaya sıçrayış şəklində keçir. Qeyri-xətti deformasiyanın 1)-2) xüsusiyyətləri düzbucaqlı formada olan ikiyönlü tağın əyilməsinin qeyri-xətti məsələsinin həllində də aşkar olunmuşdur. Bu zaman tağ müntəzəm, normal təzyiq altındadır [1] və məsələnin təqribi həlli energetik üsulla alınmışdır. Sonralar isə tağın dayanıqlığının xəttilləşdirilmiş məsələləri həll olunmağa başlandı. Elektron-hesablama texnologiyalarının inkişafı konstruksiyaların deformasiyasının qeyri-xətti sərhəd məsələlərinin həll üsullarını daha da aktual etdi. Belə üsullardan biri addımlar üsuludur, bəzən bu üsula yüklənmə parametrinə görə addımlar üsulu da deyilir. Son zamanlar dayanıqlıq məsələlərinin həllinə qarışıq tipli variyasiya üsulunun elə formaları tətbiq olunur ki, bu funksionallarda variyasiya kəmiyyətləri kimi həndəsi və

mexaniki parametrlərin sürətləri iştirak edir [2]. Eyler tənlikləri isə tarazlığın qeyri-xətti tənlikləri və elastikiyyət nəzəriyyəsinin fiziki münasibətlərdir.

Ortonormal bazisli $(e_j, j=1,2,3)$ Dekart koordinat sistemində (x_j) tağın baza xətti aşağıdakı parametrik tənlik şəklində verilir [3]:

$$x_1 \equiv 0, \quad x_2 = r(\cos(\alpha t) - \cos \alpha), \quad x_3 = r \sin(\alpha t), \quad \forall t \in [-1, 1],$$

burada t – xəttin daxili parametri, r – xəttin radiusu, 2α – tağın açılma bucağıdır. Tağ sabit A kəsiyinə (profil) malikdir, baza xətti isə onun həndəsi mərkəzindən keçir. Fərz olunur ki, tağ uzunluğu boyu yayılan təzyiq altındadır və bu təzyiq aşağıdakı vektor vasitəsilə verilir:

$$P = P_2 e_2 + P_3 e_3. \quad (1)$$

Ədədi analizin əsas məqsədi tağın əyilmiş və tarazı formalarının tapılmasından ibarətdir. Bu formalar belə şəkildə axtarılır:

$$x_1 \equiv 0, \quad x_2 = y(t), \quad x_3 = z(t), \quad (2)$$

burada y və z – axtarılan funksiyalardır. Tağın hazırlandığı material transversal-izotrop və xətti-elastiki hesab olunur.

$(-1, 1)$ intervalında tağın hamar əyilməsinin qeyri-xətti məsələsi altı adi diferensial tənliklər sistemi şəklində verilir:

$$\begin{aligned} y'_0 &= y_1 + \alpha, & y'_1 &= f_2 - (\gamma - 1) \varepsilon^2 f_2 f_3, \\ y'_2 &= \varepsilon^2 (\gamma f_2 \cos y_0 - f_3 \sin y_0) - \sin y_0, \\ y'_3 &= \varepsilon^2 (\gamma f_2 \sin y_0 + f_3 \cos y_0) + \cos y_0, & y'_4 &= -p_2, & y'_5 &= -p_3, \end{aligned} \quad (3)$$

burada

$$f_2 \equiv y_4 \cos y_0 + y_5 \sin y_0, \quad f_3 \equiv -y_4 \sin y_0 + y_5 \cos y_0.$$

(3) sistemində altı naməlum funksiya –

$$y_0 = \theta, \quad y_1 = Yl/H, \quad y_2 = y/l, \quad y_4 = X_2 l^2/H, \quad y_5 = X_3 l^2/H, \quad (4)$$

beş parametr –

$$\alpha = l/r, \quad \gamma = E/G, \quad \varepsilon^2 = l/(Al^2), \quad p_j = P_j l^3/H, \quad H = EI, \quad (5)$$

iştirak edir. (3)-(5) ifadələrində $\theta(t)$ – tağın en kəsiyindən x_2 oxuna endirilmiş meylin bucağı; $Y(t)$ – x_1 oxuna nəzərən əyilmə momenti; $y(t)$, $z(t)$ – (x_2, x_3) müstəvisində t nöqtəsinin koordinatları; $X_2(t), X_3(t)$ – qüvvə vektorunun Dekart komponentləri; $2l$ – xəttin uzunluğu; G – eninə hərəkət modulu; E – uzununa dartılma-sıxılma modulu; I – x_1 oxuna nəzərən en kəsiyinin inersiya momentidir.

(3) ifadələrindəki ştrix t -yə görə törəməni bildirir. (3) tənliklər sistemi tağın qeyri-xətti elastiki əyilməsini təsvir edir, bu halda p_2, p_3 – təzyiq və $\alpha, \gamma, \varepsilon$ – sərtlilik parametrlərinin qiymətləri verilməlidir. Bundan başqa, tağın bağlanma şərtləri də məlum olmalıdır.

Beləliklə, üçoynaqlı tağın həndəsi və mexaniki parametrlərini daxil etməklə, tağın bağlanmasının sərhəd şərtlərini verməklə, onun qeyri-xətti əyilməsini analiz etmək olar.

Ədəbiyyat

1. M.F.Mekhtiyev, L.F.Fatullayeva, N.I.Fomina. A variational approach to solving the problem of the stability of a gentle arch // International Conference "Modern Problems of Mathematics and Mechanics" devoted to the 60th anniversary of the Institute of Mathematics and Mechanics. 23-25 October, 2019, Baku, Azerbaijan, pp.373-375.
2. Л.Ф.Фатуллаева. Прощелкивание неоднородной по толщине нелинейно-упругой пологой арки // Владикавказский математический журнал. Апрель-июнь, 2005, т.7, вып.2, с.86-89.
3. Л.И.Шкутин. Численный анализ разветвленных форм изгиба арок // Прикладная механика и техническая физика, 2001, том 42, № 4, с.155-160.