

UDK 614:841

**FAVQULODDA VAZIYATLARDA TO'SINLARDAGI EGILISH
DEFORMATSIYASINI VA NORMAL KUCHLANISHNI HISOBLASH****E.Vassiyev***O'zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi Akademiyasi*

Annotation. The article shows the determination of bending deformation and normal stress in beams in case of emergency situations. In pure bending, the bending moment and shear force in the cross-sections of the beam are presented. In emergency situations, the normal stress of any point lying on the cross section of the purely bent beam was calculated. The static moment of the cross-sectional surface of the beam relative to the neutral axis is given. The moment of resistance was calculated using the geometric characteristics of the cross-section, and the bending strength of the beams.

Keywords: emergency, beam, bending, pure bending, bending moment, shear force, normal stress, allowable stress, strength, resisting moment.

Аннотация. В статье показано определение изгибных деформаций и нормальных напряжений в балках при возникновении аварийных ситуаций. При чистом изгибе представлены изгибающий момент и поперечная сила в сечениях балки. В аварийных ситуациях рассчитывали нормальное напряжение любой точки, лежащей на сечении чисто изогнутой балки. Задан статический момент поверхности поперечного сечения балки относительно нейтральной оси. Момент сопротивления рассчитывался с использованием геометрических характеристик поперечного сечения и прочности балок на изгиб.

Ключевые слова: аварийная, балка, изгиб, чистый изгиб, изгибающий момент, поперечная сила, нормальное напряжение, допустимое напряжение, прочность, момент сопротивления.

Annotatsiya. Maqolada favqulodda vaziyatlar sodir bo'lganda to'sinlardagi egilish deformatsiyasi, normal kuchlanishni aniqlash ko'rsatilgan. Sof egilishda to'sinning ko'ndalang kesimlaridagi eguvchi moment, kesuvchi kuch keltirilgan. Favqulodda vaziyatlarda sof egilgan to'sinning ko'ndalang kesimida yotgan har qanday nuqtaning normal kuchlanishi hisoblangan. To'sinning ko'ndalang kesim yuzasining neytral o'qqa nisbatan statik momenti berilgan. Qarshilik momenti ko'ndalang kesimning geometrik xarakteristikalaridan foydalanib, egilishda to'sinlarning mustahkamligi hisoblangan.

Kalit so'zlar: favqulodda vaziyat, to'sin, egilish, sof egilish, eguvchi moment, kesuvchi kuch, normal kuchlanish, ruxsat etilgan kuchlanish, mustahkamlik, qarshilik momenti.

Favqulodda vaziyatda to'sinning eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralarini tekshirib, quyidagi xulosaga kelamiz (1-rasm).

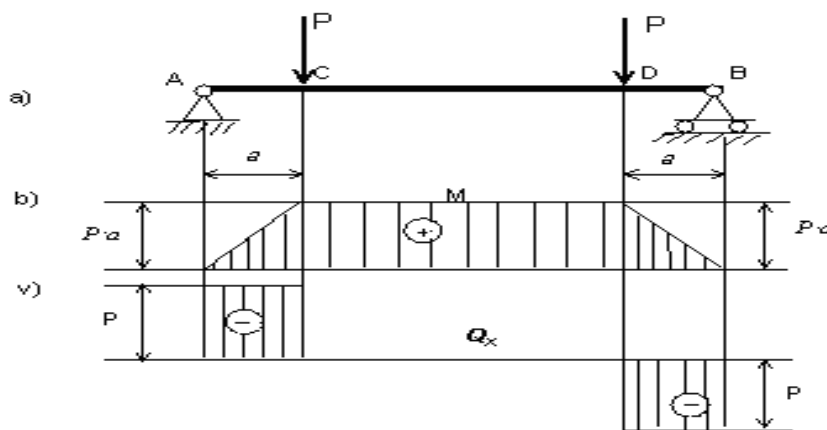
1. To'sinning CD uchastkasidagi eguvchi moment o'zgaras miqdor bo'lib, kesuvchi kuch nolga teng, to'sinning bu uchastkasidagi egilish **sof egilish** deyiladi.

Demak, sof egilishda to'sinning ko'ndalang kesimlaridagi eguvchi moment o'zgaras miqdorga ega bo'lib, kesuvchi kuch nolga teng bo'ladi. Boshqacha aytganda, agar to'sinning kesimlarida faqat o'zgaras eguvchi moment hosil bo'lsa, unda sof egilish sodir bo'ladi.

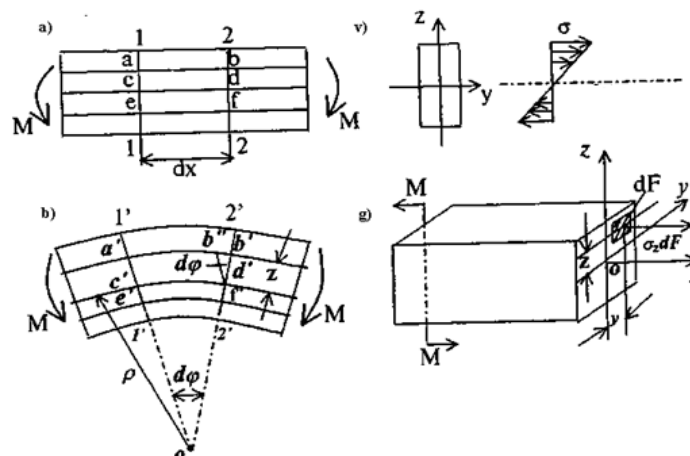
2. To'sinning AC va BD uchastkalarida eguvchi moment o'zgaruvchan miqdor bo'lib, kesuvchi kuch nolga teng emas. Bu uchastkalardagi egilish **ko'ndalang egilish** deyiladi.

3. To'singa qo'yilgan kuchlar to'sinning bosh tekisliklaridan birida yotgani uchun uning hamma uchastkalarida **to'g'ri egilish** sodir bo'ladi.

Agar to'sinning ikki uchiga uning bosh tekisligida yotgan bir-biriga teng



va qarama-qarshi yo'nalgan juft kuchlar qo'yilsa, to'sin bu holda ham sof egilish holatida bo'ladi (2-rasm,a). Bu sof egilishda hosil bo'ladigan normal kuchlanishni aniqlaymiz. To'sin egilgandan keyin uning ko'ndalang kesimidagi zo'riqish kuchlarining taqsimlanish qonuni statika tenglamalarining yolg'iz o'zi bilangina topib



bo'lmaydi. Shuning uchun bu masalani yechishda deformatsiya tenglamasini topamiz. Agar sof egilgan to'sinning bet tomoniga to'r chizilsa (2-rasm,a), deformatsiyadan keyin quyidagi hodisalar namoyon bo'ladi (2-rasm,b)

2-rasm.

1. To'singa chizilgan 1-1 va 2-2 to'g'ri chiziqlar deformatsiyadan keyin ham to'g'ri chiziqligicha qolib, faqat juda kichik biror dj burchakka og'adi. Demak, to'sinning deformatsiyagacha bo'lgan tekis ko'ndalang kesim yuzi deformatsiyadan keyin ham tekisligicha qoladi. Bu holat **tekis kesim** yoki **Bernulli** gipotezasi deyiladi. Bu gipotezani oddiy sterjenlarning deformatsiyasida ham ko'rgan edik.

2. To'sinning qabariq tomonidagi ab tolasi cho'zilib, botiq tomonidagi ef tolasi qisqaradi. Ular orasidagi biror cd tolaning uzunligi o'zgarmaydi. Shunday qilib, to'sin qatlamlari orasida shunday qavat topilishi mumkin bo'ladiki, bu qavatda yotgan tolalarning uzunligi o'zgarmaydi, chunki to'sinning cho'zilgan va siqilgan qavati orasidagi bunday xolis qavat bo'lishi o'z-o'zidan ravshan. To'sinning cho'zilmagan va qisqarmagan bu tolalari yotgan qavati **neytral qavat** deyiladi.

Neytral qavat bilan to'sinning ko'ndalang kesim tekisligi kesishgan chiziq mazkur kesimning **neytral o'qi** deb ataladi.

To'sin egilganda har bir ko'ndalang kesim o'z neytral o'qi atrofida aylanadi.

Bu tajriba shuni ko'rsatadiki, to'sin egilganda uning tolalari turlicha deformatsiyalanadi, neytral o'qdan eng uzoq yotgan tolalarning deformatsiyasi eng katta bo'ladi.

Darhaqiqat, to'sin egilgandan keyin neytral qavatdan z masofada turgan ab tola cho'zilib, uzunlikka ega bo'ladi (18.2-rasm,b). Agar kesmani kesmaga parallel qilib o'tkazsak, ab tolaning absolyut cho'zilishi bilan ifodalaniladi va kesma kesmaga teng bo'ladi. Shunday qilib neytral o'qdan z masofada joylashgan tolaning nisbiy cho'zilishini topamiz:

$$\varepsilon_x = \frac{b'b''}{a'b''} = \frac{b'b''}{c'd'} = \frac{zd\phi}{\rho d\phi} = \frac{z}{\rho} \quad (1)$$

Bunda ρ - neytral qavatning hozircha noma'lum bo'lgan egrilik radiusi.

Kuchlanishni topishdan oldin yana bir gipotezani e'tiborga olamiz. To'sinning qavatlari deformatsiya vaqtida bir-biriga bosim ko'rsatmaydi, ya'ni to'sinning o'qiga tik yunalgan kuchlanishlar nolga teng bo'ladi. Demak, to'sinning tolalari har biri mustaqil ravishda faqat cho'ziladi yoki siqiladi. Binobarin, egilgan to'sinning tolalaridagi kuchlanishlarni topish uchun oddiy cho'zilish yoki siqilishdagi Guk qonunidan foydalanamiz:

$$\sigma_x = E\varepsilon_x; \quad \text{yoki} \quad \sigma_x = E\frac{z}{\rho} \quad (2)$$

Bundan chiqdi, egilishdagi normal kuchlanish to'sin ko'ndalang kesimining balandligi bo'yicha kuchlanish topiladigan nuqtadan neytral o'qqacha bo'lgan masofaga proporsional ravishda o'zgaradi. Bunga ko'ra eng katta normal kuchlanishlar

to'sinning chetki tolalarida hosil bo'ladi. Normal kuchlanish diagrammasi (2-rasm,v) da ko'rsatilgan. Cho'zuvchi kuchlanish musbat, siquvchi kuchlanish manfiy deb olinadi.

Normal kuchlanishning kesim yuzasida taqsimlanish qonunini bilgandan so'ng, uning qiymatini topish uchun kesish usulidan foydalanib, muvozanat tenglamalarini tuzamiz. To'sinning bir qismi (2-rasm,g) uchun umumiy holda 6 ta muvozanat tenglamasini yozish mumkin:

$$\sum X_k = 0; (1) \quad \sum M_x = 0; (4)$$

$$\sum Y_k = 0; (2) \quad \sum M_y = 0; (5)$$

$$\sum Z_k = 0; (3) \quad \sum M_z = 0. (6)$$

1. Endi bu tenglamalarni biz tekshirayotgan hol uchun yozamiz:

$$\sum X_k = 0; \text{ yoki } \int_A \sigma_z dA$$

Bu tenglikka normal σ_z kuchlanishning qiymatini (2) formuladan keltirib qo'ysak:

$$\frac{E}{\rho} \int_A z dA = 0 \quad \text{hosil bo'ladi.}$$

Ammo bu ifodada $\frac{E}{\rho} \neq 0$ chunki to'sinning egilgan holatini tekshirayotganimiz uchun $\sigma = 0$. Demak $\int_A z dA = 0$.

Bu integral to'sinning ko'ndalang kesim yuzasining neytral o'qqa nisbatan statik momentini ifodalaydi [3]. Demak, ko'ndalang kesimning neytral o'qi uning markazidan o'tadi.

2. Muvozanat tenglamalarining (2) va (3)-si $\sum Y_k = 0, \sum Z_k = 0$ aylanadi, chunki $\sigma_z dA$ zo'riqish kuchi $Oyva Oz$ o'qlarga perpendikulyar yo'nalgan.

Muvozanat tenglamalarining (4)-si $\sum M_x = 0$, chunki $\sigma_z dA$ zo'riqish kuchi Ox o'qiga paralleldir.

Bu integral to'sinning ko'ndalang kesim yuzasining neytral o'qqa nisbatan **statik momentini** ifodalaydi. Demak, ko'ndalang kesimning neytral o'qi uning markazidan o'tadi.

3. Muvozanat tenglamalarining (5)-sini yozamiz:

$$\sum_A M_y = 0; M - \int_A \sigma_z dA \cdot z = 0; M = \int_A \sigma_z z \cdot dA$$

bunda M – tashqi moment.

Endi bu tenglamaga σ_z ning qiymatini (18.2) formuladan keltirib qo'ysak, quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$M = \frac{E}{\rho} \int_A z^2 dA \text{ yoki } M = \frac{E}{\rho} I_y$$

bundan

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI_y} \quad (3)$$

Bu yerda $I_y = \int_A z^2 dA$ - ko'ndalang kesimning Oy neytral o'qqa nisbatan olingan **inersiya momenti**, $\frac{1}{\rho}$ neytral tekislikning egriligini ifodalaydigan miqdor, EI_y - egilishdagi bikrligi.

Demak, to'sinning egilgan o'qining egriligi eguvchi momentga to'g'ri proporsional va to'sinning bikrligi EI_y ga teskari proporsionaldir [1].

Muvozanat tenglamalarining (6)-sini tekshiramiz:

$$M_z = 0; \int_A y \sigma_x dA = 0$$

Bunga σ_z ning qiymatini (2) dan keltirib qo'ysak:

$$\frac{E}{\rho} \int_A yz dA = 0 \quad \text{hosil bo'ladi.}$$

Ammo $\frac{1}{\rho} \neq 0$ demak, $\int_A yz dA = 0$ bo'ladi.

Bu integral ko'ndalang kesim yuzasidan Oyva Oz o'qlarga nisbatan olingan markazdan qochirma inersiya momentini ifodalaydi; uning nolga teng bo'lishi Oyva Oz o'qlarning bosh markaziy o'qlar ekanligidan dalolat beradi. Demak, kuch yotgan tekislik neytral qavat tekisligiga tik bo'ladi. Tashqi moment M shu bosh o'qlarning biridan o'tgan bosh tekislikda yotadi.

Endi $\frac{1}{\rho}$ ning qiymatini (3) formuladan (2) formulaga qo'yib, quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$\sigma_z = E \frac{z}{\rho} = E \frac{z \cdot M}{EI_y} = \frac{M}{I_y} z \quad (4)$$

Bu formula yordamida sof egilgan to'sinning ko'ndalang kesimida yotgan har qanday nuqtaning normal kuchlanishi aniqlanadi. Bu formulani **Bernulli hosil** qilgan.

Ammo ko'ndalang egilishda eguvchi moment to'sin uzunligi bo'yicha o'zgaruvchan bo'lganligi uchun ko'ndalang egilish uchun (4) formulani quyidagicha yozamiz:

$$\sigma_z = \frac{M_x}{I_y} z \quad (5)$$

bunda M_x - kuchlanish topiladigan kesimdagi eguvchi momentdir.

2-chizmada turli rasmdagi ko'ndalang kesim uchun normal kuchlanishning kesim balandligi bo'yicha taqsimlanish qonuni ko'rsatilgan.

(3-rasm, a)da neytral o'qqa nisbatan simmetrik, (3-rasm,b) da esa, nosimetrik kesimlar uchun normal kuchlanishlar diagrammasi tasvirlangan.

Adabiyotlar

1. S.Q.Aziz-Qoriyev, Sh.X.Yangurazov. Nazariy mexanikadan masalalar yechish metodikasi (Dinamika).-T.: O'qituvchi, 1967.
2. Y.N.Yoqubov, S.A.Saidov "Nazariy mexanika" Toshkent "O'qituvchi" 1997-yil
3. N.S.Bibutov "Amaliy mexanika" Toshkent "Yangiyo'l poligraf servis" 2008-yil