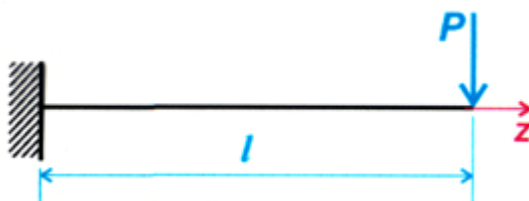
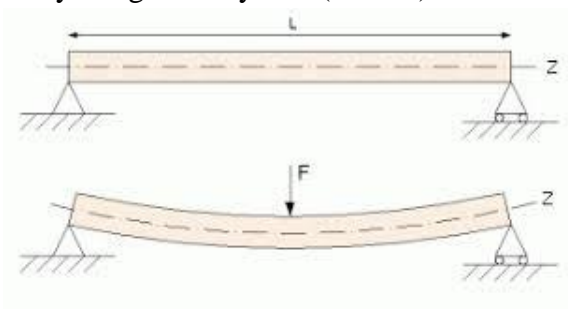


Mavzu: EGILISH, EGILISHDAGI DEFORMATSIYALAR

Reja:

1. Tekis egilish. Umumiy tushunchalar.
2. Egilishda balka ko'ndalang kesim yuzalarida paydo bo'ladigan ichki kuchlar (ko'ndalang kuch va eguvchi moment).
3. Eguvchi moment, ko'ndalang kuch va yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differensial bog'lanishlar.
4. Mustahkamlik shartlari. Egilishda deformatsiyalar.

Egilish deganda bo'ylama o'qqa perpendikulyar yuklar yoki shu o'q orqali o'tuvchi kuchlar jufti ta'siridagi g'o'lachaning deformatsiyalanishiga aytiladi. Bunday kuchlar ta'sirida g'o'laning to'g'ri chiziqli geometrik o'qi egri chiziqqa aylanadi, sterjenning bunday deformatsiyasi egilish deyiladi (1-rasm)



1-rasm. Egilish deformatsiyasi.

Materiallar qarshiligi fanida “to'sin” so'zi juda keng ma'noni anglatadi. Ikki uchi tayanchlarda yotadigan va egilishga qarshilik ko'rsatuvchi g'o'lalar to'sin (balka) deb ataladi. Turli konstruksiya elementlarining egilishi kuzatiladi (2-rasm).



2-rasm. Konstruksiya elementlarining egilishi

To'singa tashqi kuchlar va tayanchlarning reaksiyalari ta'sir etadi. Bular ta'sirida to'sin egiladi va o'qi qiyyshayadi. Egilishda to'sinning ko'ndalang kesimlarida eguvchi momentlar M va ko'ndalang kuchlar Q vujudga keladi. SHuning uchun kesimning har bir nuqtasida normal va urunma kuchlanishlar ta'sir qiladi. To'sinning egilishi og'irliklari ta'sir qiladigan tekislikda yuz beradi; bu tekislik kuch tekisligi deyiladi.

Agar barcha tashqi yuklar (tayanch reaksiya bilan birga) to'sinning bo'ylama o'qidan o'tuvchi bitta tekislikda yotsa va bu tekislik simmetriya tekisliklari bilan ustma-ust tushsa, uholda egilish ham simmetriya tekislikda hosil bo'lsa, bunday egilish tekis egilish deyiladi.

To'singa qo'yilgan yuklar uning simmetriya tekisligida yotmasa, bunday egilish qiyshiq egilish deyiladi. Agar kesimlarda faqat bir ichki zo'riqish –eguvchi moment vujudga kelgan holdagi egilish **sof egilish** deyiladi. Bunda ko'ndalang kuch nolga teng bo'ladi. Agar kesimda eguvchi moment tashqari a ko'ndalang kuch mavjud bo'lsa bunday egilish ko'ndalang egilish deyiladi.

To'sinning ko'ndalang kesimlaridagi ichki zo'riqishlarni kesimlarda paydo bo'luvchi kuchlanishlar muvozanatlaydi. Bu degani eguvchi momentni normal kuchlanish, kesuvchi kuchni esa urunma kuchlanish muvozanatlaydi. Demak, normal kuchlanish faqat eguvchi momentga, urunma kuchlanish esa kesuvchi kuchga bog'liq ekan.

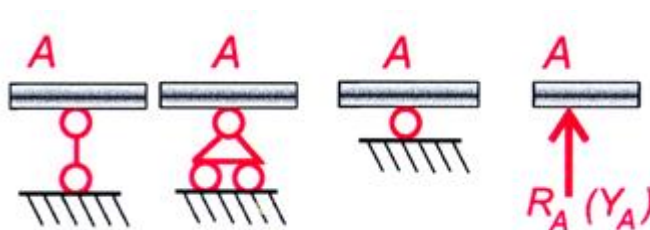
$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma(M) \\ \tau &= \tau(Q) \end{aligned} \quad (1)$$

To'sinlarda o'q orqali o'tuvchi kuchlar kesimida hosil bo'ladigan zo'riqish kuchlarini aniqlash uchun kesish usulidan foydalaniladi.

To'singa qo'yilgan tashqi kuchlardan tashqari, tayanchlarning ham to'singa ta'siri tashqi kuchlar qatoriga kiradi. SHuning uchun to'sinlarning hisoblashni tayanch reaksiyalarini aniqlashdan boshlanadi. Tekislikda joylashgan to'sinlarga oid tayanchlar uch xil bo'ladi. Tayanchlarning turlarini batafsil o'rganib chikamiz.

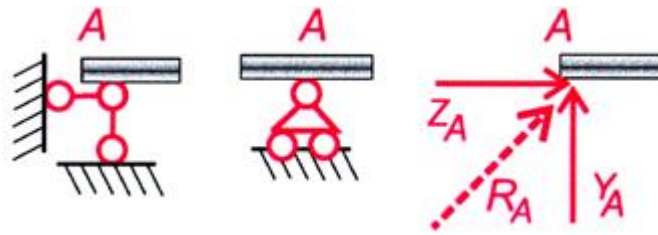
a) SHarnirli qo'zg'aluvchan tayanch;

Bu tayanch asosan balkaning tayanchdagi uchini vertikal ko'chishiga qarshilik kiladi va shu yo'nalishda reaksiya hosil bo'ladi.



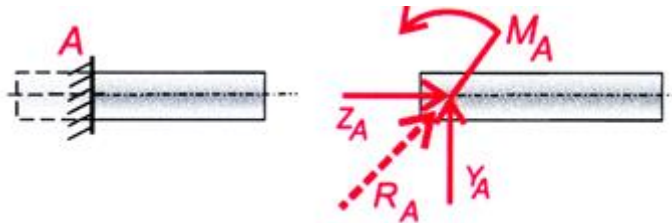
b) Qo'zg'almas sharnirli tayanch;

Bu tayanchdagi to'sin uchi chiziqli yo'nalishlarda ko'cha olmaydi, shu sababli ikki yo'nalishda reaksiya kuchlari paydo bo'ladi.



c) Qistirib maxkamlangan tayanch.

Bu tayanchdagi to'sin uchining chiziqli va burchakli ko'chishlari cheklanadi hamda uchta tayanch reaksiya kuchlari vujudga keladi.



Tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash uchun statikaning tekislikdagi muvozanatlik shartlaridan foydalaniladi.

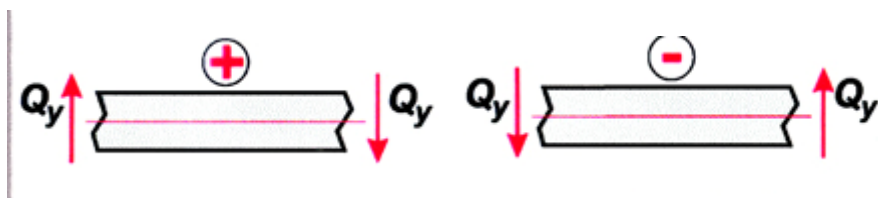
$$\begin{aligned}
 \Sigma Y = 0 & \quad \Sigma M_A = 0 \\
 \Sigma X = 0 & \quad \text{yoki } \Sigma M_B = 0 \\
 \Sigma M_0 = 0 & \quad \Sigma y = 0
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

bu shartlardan ikkitasi noma'lumlarni topish uchun uchinchisi esa tekshirish uchun qo'llaniladi.

To'sin ko'ndalang keisimda hosil bo'ladigan kesuvchi kuch qoldiriladigan qismga ta'sir qiluvchi barcha kuchlardan vertikal o'qqa tushirilgan proekstiyalarning algebraik yig'indisiga teng, ya'ni:

$$Q_y = \sum_{i=1}^n F y_i \tag{2}$$

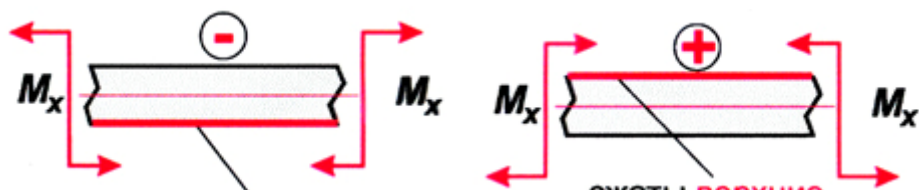
Agar qoldirilgan qismga ta'sir qilayotgan tashqi kuch shu qismni tekshirilayotgan kesimga nisbatan soat strelkasi yo'nalishiga mos yo'nalishda aylantirishga harakat qilsa kesuvchi kuchning ishorasi musbat, aks holda manfiy qabul qilinadi.



To'sin ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan eguvchi moment qoldirilgan qismga ta'sir qiladigan barcha kuchlardan kesim markaziga nisbatan olingan momentlarning algebraik yig'indisiga teng, ya'ni

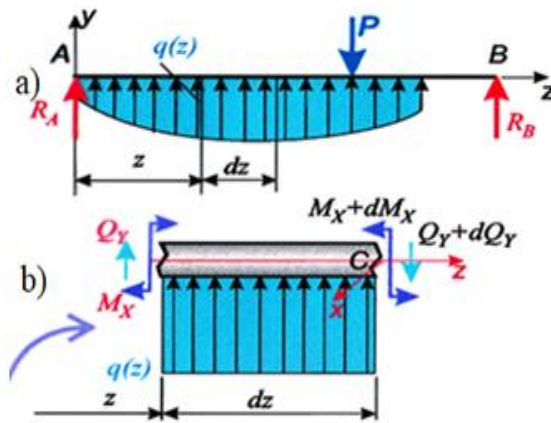
$$M_x = \sum_{i=1}^n M_0(F_i) \quad (3)$$

Agar Qoldirilgan qismga ta'sir kilayotgan tashqi kuch tekshirilayotgan kesimga nisbatan to'sinning pastki tolalarini (qatlamlarini) cho'zib yuqori qatlamlarini siqishga harakat qilsa eguvchi momentning ishorasi musbat, aks holda manfiy qabul qilinadi.



Ikki tayanchli to'sinlarda epyuralarni qurishdan avvalgi tayanch reaksiya kuchlari aniqlab olinadi. Agar to'sin bir necha harakterli oraliqlardan iborat bo'lsa har bir oraliq uchun Q_y va M_x ifodalari aloxida-aloxida yozib olinadi va shu ifodalar yordamida epyuralar quriladi.

Eguvchi moment - M bilan kesuvchi kuch - Q va tekis taqsimlangan kuch- q orasidagi matematik bog'lanishni ko'rib chiqamiz. Ixtiyoriy yuklangan to'sin berilgan bo'lsin (3-rasm,a). Uning yoyilgan kuch qo'yilgan uchastkasidan, ya'ni chap tayanchidan z xamda $z + dz$ masofadagi kesimlar yordamida dz uzunlikdagi bir elementini ajratamiz (3- rasm, b)



3- rasm. M, Q va q orasidagi differensial bo'g'lanish.

Tekis taqsimlangan kuch-q, kesuvchi kuch-Q va eguvchi moment-M orasida quyidagi differensial bo'g'lanish mavjud:

$$q = \frac{dQ}{dz}; \quad Q = \frac{dM}{dz}; \quad q = \frac{d^2M}{dz^2};$$

Balka urinma kuchlanishga puxta qarshilik ko'rsatishi uchun unda hosil bo'ladigan maksimal urinma kuchlanish balka materiali uchun ruxsat etilgan urinma kuchlanishdan ortib ketmasligi kerak. Balkaning urinma kuchlanish bo'yicha mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} S_{\max}}{bJ_x} \leq [\tau], \quad (4)$$

bu yerda, S_{\max} – ko'ndalang kesimning neytral o'qi yuqorisidagi yoki pastidagi yuzaning mazkur o'qqa nisbatan statik momenti;

$[\tau]$ – material uchun ruxsat etilgan kuchlanish.

Balka mustahkam bo'lishi uchun uning xavfli kesimida hosil bo'luvchi maksimal normal kuchlanishlar balka materiali uchun ruxsat etilgan kuchlanishdan ortib ketmasligi kerak.

Agar balka cho'zilish va siqilish uchun bir xilda qarshilik ko'rsatuvchi materiallardan yasalgan va kesim shakli neytral o'qqa nisbatan simmetrik bo'lsa, balkaning mustahkamlik sharti bunday yoziladi:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq [\sigma], \quad (5)$$

bu yerda, M_{\max} - balka xavfli kesimidagi eguvchi moment;

$[\sigma]$ - balka materiali uchun ruxsat etilgan kuchlanish.

Mashinasozlikda mashina yoki mexanizmlar loyihalashda ularning mustahkamligini ta'minlash bilan birga ularning diformatsiyasini aniqlash muhim ahamiyatga ega. Chunki uning bikrligini ham ta'minlash zarur.

Materiallar qarshiligida deformatsiyasini aniqlashning bir necha usullari mavjud bo'lib, ulardan biri va qulayi universal tenglama yordamida aniqlashdir. Yuklangan balkalar uchun chiziqli va burchakli diformatsiyasini aniqlovchi universal tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

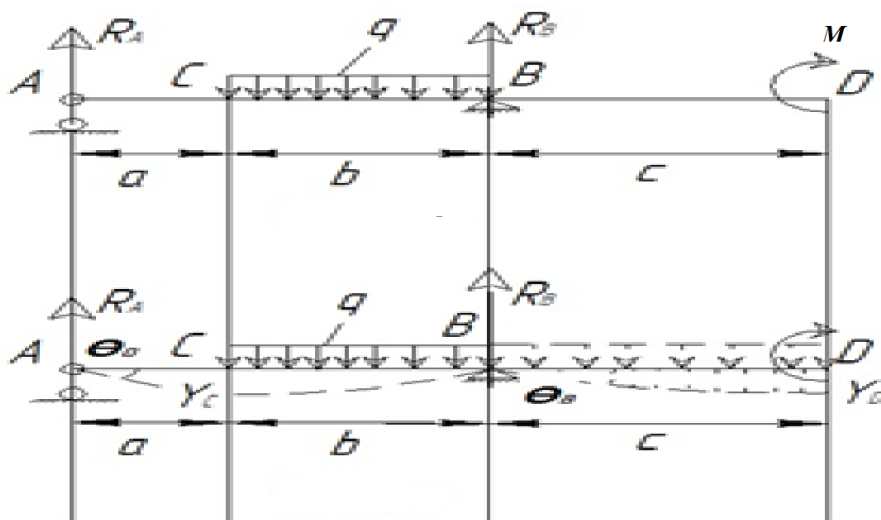
Deformatsiyasini universal tenglama aniqlash

$$f = f_0 + \theta_0 z + \frac{1}{EJ_x} \left(\sum \frac{m(z-a)^2}{2} + \sum \frac{P(z-b)^3}{6} + \sum \frac{q(z-c)^4}{24} - \sum \frac{q(z-d)^4}{24} \right);$$

$$\theta = \theta_0 + \frac{1}{EJ_x} \left(\sum m(z-a) + \sum \frac{P(z-b)^2}{2} + \sum \frac{q(z-c)^3}{6} - \sum \frac{q(z-d)^3}{6} \right);$$

Bu yerda f - chiziqli diformatsiya (salqilik yoki cho'zish), θ - diformatsiya burchagi (aylanish burchagi), f_0 - koordinata boshidagi salqilik, θ_0 - koordinata boshidagi kesimning aylanish burchagi, m – juft kuch, P – to'plangan kuch va q – taralgan kuch.

Uzunligi $a = 1\text{m}$, $b = 2\text{m}$, $C = 3\text{m}$ bo'lgan (4-rasm) tayanchlardan iborat egilishga ishlaydigan balkani deformatsiyasini aniqlaymiz.



4-rasm. Balka geometrik o'qining egilishi.

Bu yerda , $q = 4\text{kN/m}$, $M = 8\text{kN} \cdot \text{m}$, va $EJ_x = \text{const}$ ga teng deb olinsin. Agarda taralgan kuch balkani oxirgacha davom etmagan bo'lsa, sun'iy ravishda davom ettirib **qo'yilmagan** uchastkaga esa unga teng va teskari yo'nalgan taralgan kuchni qo'yamiz. Berilgan balkaning A va B nuqtalariga nisbatan moment olib tayanch reaksiya kuchlarini $R_A = 0\text{kN}$, $R_B = 8\text{kN}$ ekanini aniqlab, uning universal tenglamasini tuzamiz.

$$f = f_0 + \theta_0 z + \frac{1}{EJ_x} \left[\frac{R_A(z-o)^3}{6} \Big| I - \frac{q(z-1)^4}{24} \Big| II + \frac{R_B(z-3)^3}{6} + \frac{q(z-3)^4}{24} \Big| III \right]$$

$$\theta = \theta_0 + \frac{1}{EJ_x} \left[\frac{R_A(z-o)^2}{2} \Big| I - \frac{q(z-1)^3}{6} \Big| II + \frac{R_B(z-3)^2}{2} + \frac{q(z-3)^3}{6} \Big| III \right];$$

A nuqtada va B nuqtada tayanch reaksiya kuchlari **bo'lgani** $f_0 = 0$ va $f_B = 0$ teng bo'ladi. $Z = 3$ da

$$f_B = \theta_0 \cdot 3 + \frac{1}{EJ_x} \left(\frac{R_A \cdot 3^3}{6} - 4 \frac{2^4}{24} \right) = 0 \quad \theta_0 = \frac{8}{9EJ_x}$$

$$\theta_B = \theta_0 + \frac{1}{EJ_x} \left(\frac{R_A \cdot 3^2}{2} - 4 \frac{2^3}{6} \right) = \frac{8}{9EJ_x} - \frac{16}{3EJ_x} = -\frac{40}{9EJ_x};$$

$$Z = 1 \text{ da,} \quad f_C = \theta_0 \cdot 1 + \frac{1}{EJ_x} \cdot \frac{R_A \cdot 1^3}{6} = \frac{8}{9EJ_x};$$

$$Z = 6 \text{ da,} \quad f_D = \theta_0 \cdot 6 + \frac{1}{EJ_x} \left(\frac{R_A \cdot 6^3}{6} - 4 \frac{5^4}{24} + \frac{R_B 3^3}{6} + 4 \frac{3^4}{24} \right) = -\frac{148}{3EJ_x}$$

ekanligi kelib chiqadi.

Tekshirish savollari

1. Tekis egilish nimaga aytiladi?.
2. Egilishda balka ko'ndalang kesim yuzalarida paydo bo'ladigan ichki kuchlar (ko'ndalang kuch va eguvchi moment).
3. Eguvchi moment, ko'ndalang kuch va yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differensial bog'lanishlar nima?.
4. Sof va ko'ndalang egilishlar nima?.
5. Sof egilishda eguvchi moment hamda egilgan o'q egriligi orasidagi bog'lanish. 6. Egilishda bikrlilik. Egilishda normal kuchlanishlar.
7. Mustahkamlik shartlari yozing.
8. Egilishda deformatsiyalar qanday bo'ladi?.
9. Salqilik va burilish burchagi orasidagi differensial bog'lanish nima?.
10. Balka egilgan o'qining taqribiy differensial tenglamasi tushuntiring.
11. Chegaraviy shartlar ayting.
12. Boshlang'ich parametrlar usuli - universal tenglama qanday bo'ladi?.
13. Ko'chishlarni hisoblashning energetik usullari qanday bo'ladi?.
14. Kastilyano teoremasi. Mor integrallari. Vereshagin usuli qanday bo'ladi?.
15. Bajarilgan ishlar bilan ko'chishlarning o'zaro bog'liqligi haqidagi teoremlar qanday bo'ladi?.
16. To'sin deb nimaga aytiladi?.
17. To'sin tayanchlarining turlari qanday bo'ladi?.
18. Bo'ylama, Ko'ndalang, Eguvchi moment kuch nima?.