

Дәріс №11

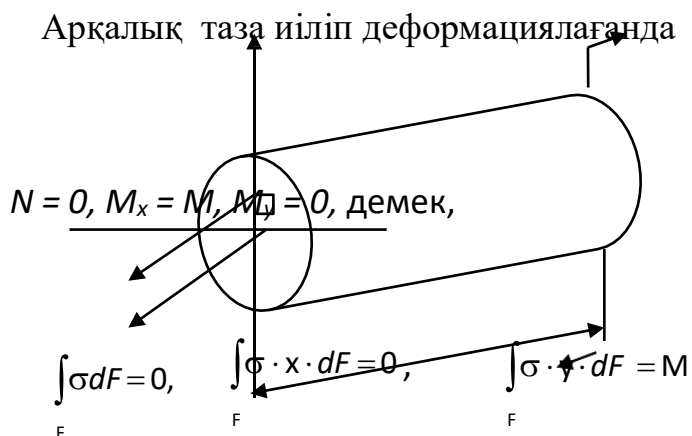
Тік және жанама кернеулер. Көлденең қимасы дөңгелек брустың кеңестіктік иілуі.

Ию моменті – арқалықтың көлденең қимасындағы ішкі тік кернеулердің қорытынды моменті. Тік кернеулердің шамасы мен қима бетіндегі таралу заңдылығын анықтау үшін, таза иілген арқалықты қарастырайық.

Есептің статикалық жағы. Таза иілген арқалықтың кез келген көлденең қимасында ию моментінен басқа ішкі күштердің қорытынды моменті болғандықтан, көлденең қимада ($m - m$) жатқан кез келген нүктеде тек қана тік кернеу әсер етеді. Қима жазықтығынан бөлініп алынған шексіз кіші аудандағы (dF) кернеулердің қорытынды күші мен Y және X осіне қарағандағы моменттерін анықтайық (1 сурет).

$$dN = \sigma \cdot dF, dM_x = \sigma \cdot y \cdot dF, dM_y = \sigma \cdot x \cdot dF, \text{ осыдан}$$

$$N = \int_F \sigma dF, \quad M_x = \int_F \sigma \cdot y \cdot dF, \quad M_y = \int_F \sigma \cdot x \cdot dF.$$



Статикалық теңдіктер кернеудің шамасы мен қима бетіндегі таралу заңдылығын анықтауға жеткіліксіз. Сондықтан, есеп бір рет статикалық анықталмаған.

1 сурет

Жанама кернеу. Жалпы жағдайда, жазық иілген арқалықтың қималарында жанама күштер мен ию моменттері пайда болады. Жанама күш – қимадағы жанама

кернеулердің қорытынды күші. Жанама кернеудің жұптық заңы бойынша, дәл осындай жанама бойлық қималарда да пайда болады.

Жанама кернеуді анықтау үшін, P күші әсер етіп тұрған қимасы тік төртбұрышты қос тіректегі арқалықты қарастырайық. Деформацияланған арқалықтың көлемінен ені dz – ке, ұзындығы b – ға тең элемент бөліп алсақ, оның көлденең қималарға сәйкес келетін беттерінде келесі кернеулер әсер етеді:

$$\sigma' = \frac{M'(z)}{I_x} \cdot y \quad \sigma' = \frac{M'(z)}{I_x} \cdot y \quad (1)$$

мұндағы $M'(z)$ – $efmn$ ауданына сәйкес келетін көлденең қимадағы ию моменті, $M''(z)$ – $abcd$ ауданына сәйкес келетін қимадағы ию моменті.

Жұптық заңы бойынша $dcmn$ ауданында шамасы $efmn$ ауданындағы кернеуге тең, бағыттар қарама-қарсы жанама кернеулер пайда болады. Элементтің ені шексіз кіші шама болғандықтан, оларды бір қалыпты жайылып таралған деп қарастырамыз.

Енді статиканың теңдеулерін құрайық

$$\sum z = 0, N_1 - N_2 + \tau \cdot b \cdot dz = 0$$

мұндағы N_1 - $efmn$ ауданындағы тік кернеулердің қорытынды күші:

$$N_1 = \int_F \sigma' \cdot dF$$

N_2 - $abcd$ ауданындағы тік кернеулердің қорытынды күші:

$$N_2 = \int_F \sigma' \cdot dF$$

Интегралдар, қиманың жалпы ауданынан кесіліп алынған $efmn$, $abcd$ аудандары бойынша алынған. Бұл күштердің мәндерін орындарына қояйық: -

$$\int_F \sigma'_z dF + \int_F \sigma'_z dF + \tau \cdot b \cdot dz = 0$$

Кернеулердің (1) формулаларын ескеріп, теңдікті келесі түрде жазайық

$$\frac{M'(z)}{I_x} \int_F y dF - \frac{M'(z)}{I_x} \int_F y dF = \tau \cdot b \cdot dz$$

Жанама күш пен ию моментінің арасындағы дифференциалдық байланыс бойынша:

$$\frac{dM(z)}{dz} = Q(z), \text{ олай болса, } \tau = \frac{Q(z) \cdot S_{\text{жкес}}}{I_x \cdot b}$$

Орыстың көрнекті ғалымы Журавский Д.И. қорытып шығарған бұл формула Журавскийдің формуласы деп аталады. Мұндағы b – бейтарап осьтен z – ке тең қашықтықтағы қима ені.

Инженерлік практикада қарапайым деформацияланған конструкция элементтерінен гөрі күрделі деформацияланған (күрделі қарсыласатын) элементтер жиі кездеседі. Күрделі деформацияланған элементтердің қималарында бір емес бірнеше ішкі факторлар пайда болады. Ішкі факторлардың түрлеріне байланысты күрделі деформациялар келесі түрлерге ажыратылады.

1. Қиғаш иілу. Қиғаш иілген элементтің көлденең қималарында Q_y , M_x , Q_x , M_y ішкі факторлары пайда болады.

2. Центрден тыс созылу (сығылу). Центрден тыс созылған (сығылған) элементтердің көлденең қималарында M_x , M_y ию моменттерімен қатар N_z бойлық күш пайда болады. Жеке жағдайларда ию моменттерінің бірі нольге тең болуы мүмкін.

3. Иілір бұралу. Иіліп бұралған машина бөлшектерінің қималарында Q_x , Q_y көлденең күштері мен M_x , M_y ию, M_z бұраушы моменттері пайда болады.

Жалпы жағдайда стерженьдердің көлденең қималарында кез келген ішкі факторлар пайда болуы мүмкін.

Аталған N_z , Q_x , Q_y – ішкі күштерінің индекстері, олардың қандай оське параллель екенін, M_x , M_y , M_z моменттерінің индекстері олардың қандай оське қарағандағы моменттер екенін көрсетеді (мысалы, Q_y – y осіне параллель, M_x – x осіне қарағандағы ию моменті).

Күрделі деформацияланған конструкция элементтерін беріктікке есептеу тәртібі қарапайым деформацияланған элементтерді есептеу тәртібімен бірдей. Алдымен ішкі факторлардың эпюрлері тұрғызылып, қауіпті қима, одан кейін қауіпті қимадағы кернеулердің эпюрлері тұрғызылып, қауіпті нүкте анықталады. Берілген беріктік теориясы бойынша қауіпті нүкте үшін беріктік шарты құрылып, элементтің беріктігі толық тексеріледі.