

Дәріс №6

Жылжулар мен деформациялар. Материалдар қасиеттері мен деформация сипаттары туралы негізгі болжамдар. Серпімді деформациялар мен кернеулер арасындағы байланыс.

Деформацияланған дененің кернеулі күйін сыртқы әсер тұрақты болса, уақыт бойынша өзгермейді деп ұйғарған. Материалдардың тұрақты күш не кернеу кезінде уақыт бойынша деформациялануына байланысты жаңа қасиетін қарастырамыз.

Материалдың тұрақты күштердің әсерінен уақыт бойынша деформациялануын *жылжулар* деп атайды. Жылжулар бетон, кірпіш, ағаш, тас, полимер сияқты материалдарға тән. Детальтарда бұл деформациялану қасиеті әсіресе, жоғары температура кезінде, ал түсті металдарда (жез, қорғасын және т.б.) тіпті бөлме температурасында байқалады.

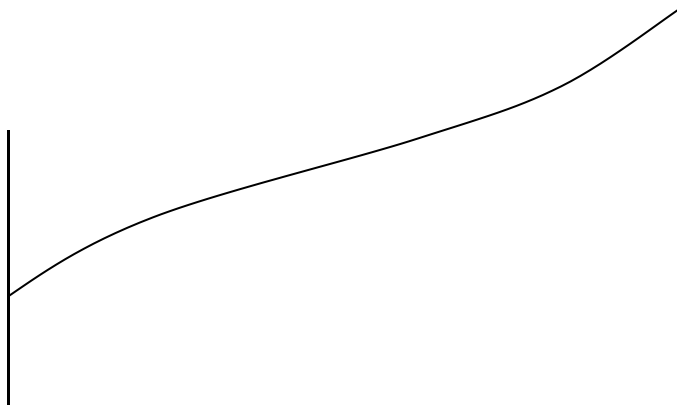
Жалжулар факторының конструкция жұмысында айтарлықтай маңызы болады. Мәселен, темір бетон конструкцияларының арматурасындағы жылжу процесі кезінде кернеулер 2 – 2,5 есе, орын ауыстыру 3 – 4 есе артуы мүмкін. Болат қазан құбырларының материал жылжулар салдарынан ішкі қысым артып қираған жағдайлары бар.

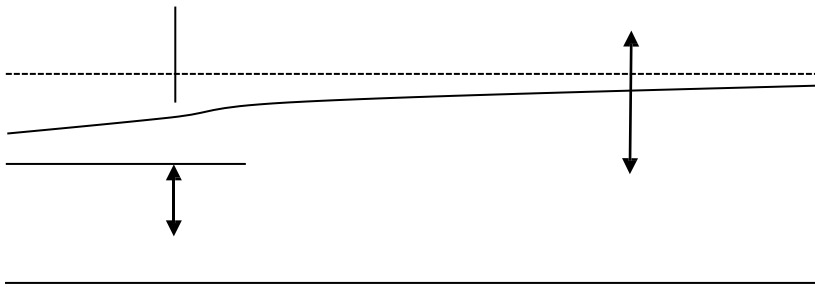
Тәжірибе жылжулар кез келген кернеуде, тіпті күштің уақытша әсерінен серпімді деформация кезінде болатын кернеуде байқалатындығын көрсетеді. Сынау нәтижелері жылжудың қисықтары, яғни деформацияның уақытқа тәуелділік қисықтары түрінде бейнеленеді (1 сурет).

Уақыттың бастапқы сәтінде деформациялар серпімді деформацияға не олардың қосындысына және пластикалық деформацияға тең $\varepsilon(0)$ мәнге ие болады, t уақыттың артуы кезінде ε жылдамдықпен (нүктемен t уақыт бойынша туынды белгіленеді) деформация да артады.

1 графикте (1 сурет) деформациялану процесі ε жылдамдықтың азайып, нөлге ұмтылумен бірге жүреді. Үлгінің $\varepsilon(0)$ бастапқы деформация және $\varepsilon_{ж}$ - ні жылжу деформация қосындысымен анықталатын толық деформациясы $\varepsilon = \varepsilon(0) + \varepsilon_{ж}$,

$\varepsilon \rightarrow \infty$ мәнге ұмтылады.





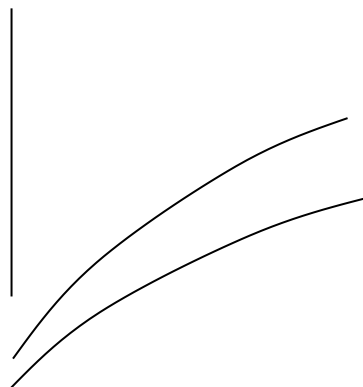
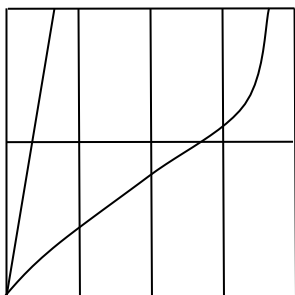
1 сурет

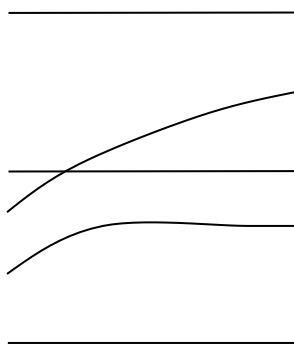
2 графиктен AB , BC , CD үш учаскені бөліп қарастыруға болады. AB учаскесі деформациялану жылдамдығының кемуін сипаттап, қалыптаспаған жылжулар фазасына сай келеді. Ол аяқталғанда ε шамасы минимал мәнге ие болады, ε жылдамдығы тұрақты болғанда жылжулар қалыптаспаған (BC учаскесі) фазасы пайда болады. Ал σ кернеудің артуымен қалыптасқан жылжулар периодының ұзақтығы қысқарады.

Сынау үлгінің нүктесіне сәйкес келетін уақыт мезетінде морт сынумен не қылта мойынның үзілуіне сай тұтқыр қираумен аяқталады. Соңғы жағдайда CD учаскесі түзіледі.

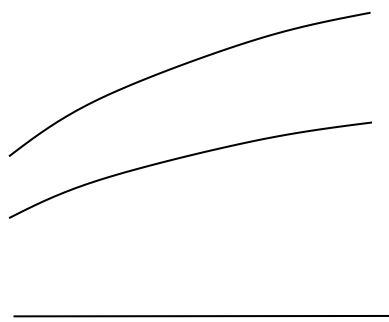
Морт сыну материалдың бүлінуіне, дәлірек айтсақ материал түйіршіктері арасындағы шекаралардағы шытынауға байланысты. Тұтқыр қирау кезінде шытынау түйіршіктер ішінде болады. Кейде осы айтылған қирау түрлері бір мезгілде болып, аралыс қирау болады.

Жылжулар қисығының сипаты мен деформациясының мәні әсер ететін кернеу шамасына тәуелді. Кернеу артқанда жылжулар деформациясының шамасы үлкейеді (2 сурет).





2 сурет

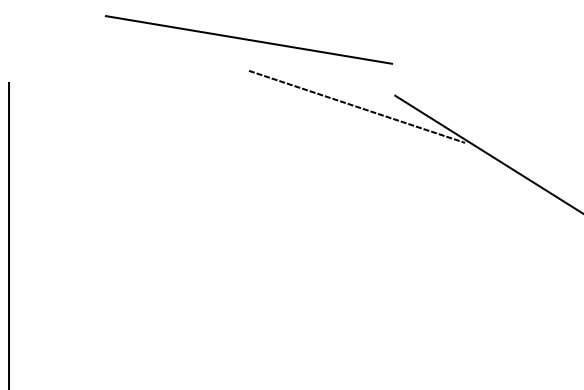


3 сурет

Егер жылжулар деформациясы кернеудің артуына пропорционал болса, онда сызықты жылжулар, ал қарсы жағдайда сызықты емес жылжулар болады. Мысалы, жоғары температурада металдардың жылжулары сызықты емес, ал аз кернеуде бетон, пластмассаның жылжулары сызықты болады. Әр түрлі кернеуде алынған жылжулар қисықтарының әсіресе бастапқы учаскелері бір-біріне ұқсас болып келеді (3 сурет). Бұл жылжулар деформациясының екі функцияның көбейтіндісі түрінде табуға болады: олардың біреуі $f(\sigma)$ тек кернеуге, екіншісі $\Psi(t)$ уақытқы тәуелді: $\varepsilon_{ж}$

$= f(\sigma)\Psi(t)$. Демек, кез келген кернеу кезінде жылжулар қисығын салу үшін тек бір жылжу қисығын алсақ жеткілікті.

Бір материалдың істелінген үлгілерде әр түрлі күштер кезінде морт сынуды әрі тұтқыр қирауды байқауға болады. Әдетте, кернеуді кеміткенде, соған сәйкес үлгі күш әсерінде ұзағырақ болса, қирау сәтінде деформация азайып, қирау морт болады. Сонда қиратушы күштің шамасы үлгінің жұмыс ұзақтығына байланысты, ал оны арттырса күш азаяды. Жылжулар кезінде материалдың беріктігін бағалау үшін беріктік ұзақтығының шегін пайдаланады. Беріктік ұзақтығының шегі $\sigma_{вз}$ деп берілген жұмыс ұзақтығы кезінде қирауды тудыратын минимал кернеуді айтады. Уақыт функциясы ретінде беріктік ұзақтығы шегінің өзгеру графигі әдетте қос логарифмдік координаттар осьтерінде салынады (4 сурет).



4 сурет

Бұл график екі сынық сызықтан құралады. Кейбірде сызықтардың қиылу нүктесі үзік сызықпен көрсетілгендей анық байқалады.

Үлгінің жұмыс істеу уақыты үлкен шекте минуттық үлестен оң, тіпті жүз мың сағатқа дейін (бірнеше жылдарға дейін) өзгере алады.

Қыздыру температурасы сынаптын үлгіге уақыт бойынша айтарлықтай ықпал етеді. Ол артқанда жылжулар жылдамдығы артады, белгілі бір кернеудегі деформацияға уақыттың қысқа аралығында жетуге болады.

Сыртқы жағдайлар өзгермегенде және сыртқы күштер жоқ кезде материалдың механикалық қасиеттерінің уақыт бойынша өзгеруі байқалады. Бетонның қасиеттерінің өзгеруі цемен тасында болатын органикалық тегі бар химиялық пластмассаларда, каучуктерде пайда болады. Ол баяу өтетін тотығу процестеріне байланысты. Белгілі бір уақыттан кейін соңғы материалдарда конструкция ретінде пайдалануға болмайды. Механикалық қасиеттердің өзгеру құбылысын шартты түрде тозу деп атайды.

Тозу кезінде жылдамдықтың деформациясы тек күш әсерінің ұзақтығына ғана емес, оның әсер мезетіне, басқаша айтқанда, материалды пайдалану мерзіміне де байланысты.

Егер белгілі бір үзілістен соң үлгіге бастапқы күш әсер етсе, онда деформация жылдамдығы алғашында үзіліске дейінгі шамасынан үлкен, содан кейін деформация жылдамдығы мен деформацияның өзі үзіліс жоқ кездегіге тең болады. Кейде деформация үзіліс жоқ кездегіден артық болуы мүмкін.

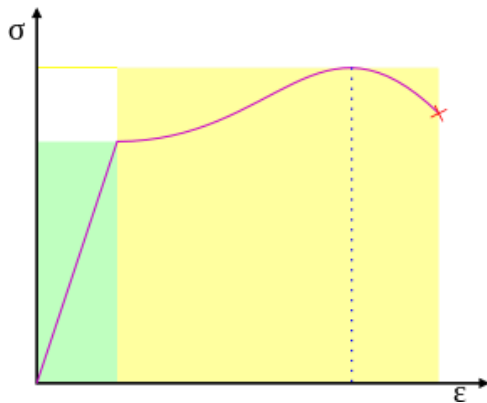
Материалдың жылжулары сыртқы күш тұрақты болып деформацияның уақыт бойынша өзгеруі бойынша зерттеледі.

Уақыт бастапқы мезетінде материалдың серпімді немесе серпімді пластикалық қасиеттерімен анықталатын кернеу $\sigma(0)$ – ге тең болады. Уақыттың өсуіне байланысты бұл кернеулер азая бастайтынын эксперимент дәлелдейді.

Үлгіде кернеулердің тұрақты деформация кезінде баяу азаюын *релаксация* деп атайды. Релаксацияға сынау нәтижелерін релаксация қисықтарымен, яғни кернеулердің уақытқа тәуелділік қисықтарымен бейнелейді. Металл үлгілерде

жоғары температурада кернеулер нөлге дейін төмендейді. Кейбір кезде, жылжулар құбылысын релаксацияны, кері жылжулар және әсерден соң серпімділікті бір сөзбен жылжулар деп атайды.

Деформация



Деформациялау диаграммасы

Деформация— өзара әрекеттесуші екі дененің жанасуы кезінде оларды құрайтын жеке бөліктері қозғалысқа келеді де, бұл денелердің пішіні мен өлшемі өзгереді. Мысалы, серіппе денеге әрекет ете отырып созылады, жұқа таяқша иіледі, қолдың бұлшық еттері қатаяды.

Дене пішінінің немесе өлшемдерінің өзгеруін деформация (латынша деформация - бүліну, бұзылу) деп атайды.

Деформация денелердің өзара әрекеттесуі кезінде жүзеге асатындықтан, өзара әрекеттесетін екі **дене** де деформацияланады. Мысалы, қолдың эспандерге әрекетін алайық. Эспандерді созу кезінде қолдың Бұлшық еттері қатаяды (деформацияланады), эспандер де деформацияланады, яғни ол өз пішінін өзгертеді. Деформация **пластикалық** және серпімді болып бөлінеді. Күштің әрекеті тоқтағаннан кейін, **дене** өзінің бастапқы пішіні мен өлшемін өзгертетін болса, мұндай **деформация** пластикалық деп аталады. Пластикалық деформациядан кейін **дене** өзінің жаңа пішіні мен өлшемін толығымен немесе жартылай сақтайды және ондай **дене** пластикалық **дене** деп аталады. Мысалы, **пластилиннен** немесе **саздан** көп **күш** түсірмей-ақ қандай да бір пішіндегі **дене** жасауға болады. Ал қолымыздың пластилинге әрекет етуі тоқтағаннан кейін ол өзінің жаңа пішінін сақтайды. Күштің әрекеті тоқтағаннан кейін дененің бастапқы пішіні мен өлшемі қайтадан қалпына келетін болса, мындай деформация серпімді деп аталады. Деформацияланған денені

қалпына келтіретін қандай күш? деген сұрақ туады. Тәжірибелер деформациялаушы күшке қарама-қарсы бағытталған жаңадан бір күш пайда болатынын көрсетеді. Бұл күш серпімділік күш деп аталады. Мысалы, допты тепкен кезде, ол өзінің пішінін өзгертеді, яғни деформацияланады. Серіппеге қандай да бір күшпен әрекет ете отырып, оны созуға емесе қысуға болады. Деформациялаушы күш тоқтағаннан кейін серпімділік күші денені бастапқы қалпына келтіреді. Сол сияқты ауа шарын үрлеуді тоқтатсақ, ол да бастапқы пішінін алады. Дененің деформациялануы артқан сайын Бұл кезде пайда болатын серпімділік күші де артады. Ал түсірілген күштің шамасы белгілі бір шектен асқанда (әр түрлі материалдар үшін түрліше), денелер серпімділік қасиетін жоғалтып, ең соңында пластикалық сипат танытады. Мысалы, ағаш сызғышты аздап иіп, сонан соң қайтадан босатсақ, онда ол бастапқы қалпына келеді. Ал егер оны июге едәуір көп күш жұмсайтын болсақ, сызғыш морт сынады. Металдардың, әсіресе болаттың серпімділік қасиеті едәуір жоғары болады. Күнделікті өмірде пайдаланылатын көптеген нысандарды (тұрғын үйлерді, күнделікті өмірде кеңінен пайдаланатын нәрселерді) көбінесе қатты әрі берік материалдардан жасайды. Ондай материалдардың деформациясын (созылуын немесе сығылуын) жай көзбен байқап, сезіну мүмкін емес. Ал енді бір мезет көз алдымызға жұмсақ еденді, үстелді, ыдысты елестетіп кәрейікші. Әрине, мұндай оңай деформацияланатын әлемде өмір сүру де өте қиын болар еді.

Деформация формуласы

$$(e) = (l_2 - l_1) / l_1$$

Бұл жерде

- элементтің деформациядан кейінгі ұзындығы
- элементтің ұзындығы

