IKKI O‘LCHOVLI KOMPOZIT JISMLARNING KUCHLANGANLIK XOLATINING MATEMATIK MODELI

Abduraimov Dostonbek Egamnazar o‘g‘li - Guliston davlat universiteti Axborot texnologiyalari va fizika-matematika fakulteti katta o‘qituvchisi
E-mail: abduraimov.dostonbek@mail.ru
Sattorova Dilorom Abdumalik qizi - Guliston davlat universiteti Axborot texnologiyalari va fizika-matematika fakulteti 3-bosqich talabasi

Hozirgi kunda murakkab konfiguratsiyalik materiallar turli sohalarda, masalan, kosmonavtika, atom energetikasida, samolyotsozlik, mashinasozlik, avtomobilsozlik, qurilish, meditsina va turli sohalarda keng foydalanilmoqda. Tolalik kompozit jismlarning kuchlanganlik xolatini aniqlash uchun biz bu jarayonning matematik modeli orqali masalaning yechimini aniqlaymiz. Kompozit jismlarga daraxt tanasi, alivroit va polisterol oynalari kiradi, polisterol esa, to‘ldiruvchi sifatida ishlatiladi. Agar jism ikkita o‘zaro perpendikulyar yo‘nalishlar bo‘yicha xar hil fizik xususiyatlarga ega bo‘lsa u jism kompozit deyiladi.

Buning uchun faraz qilaylik ikki o‘lchovli dekart koordinatalar tizimida kompozit elastik jism tashqi kuchlar ta’sirida turg‘un xolatda bo‘lsin.Muvozanat tenglamalarini va yuzaga berilgan chegaraviy shartlarni qanoatlantiruvchi siljishlarni aniqlash kerak bo‘lsin.Bu masalani yechish uchun unga teng kuchli bo‘lgan variatsion masalaning qo‘yilishini ko‘ramiz.U jismning to‘liq potensial energiyasini minimizatsiyalash (Lagranj prinsipi) ga asoslanadi va masalani echish uchun taqribiy usullarni qo‘llash imkonini beradi.

Masalaning variatsion ko‘rinishi quyidagicha tasvirlanishi mumkin,

$$\int_S \delta\{\varepsilon\}^T\{\sigma\}\,dS - \int_L \delta\{U\}^T\{P\}\,dL = 0 \qquad (1)$$

Bu yerda: S – jismning yuzasi; L – jism chegarasi; $\{U\}=\{\upsilon,\ \nu\}$- siljish vektorining komponentlari; $\{\varepsilon\}=\{\varepsilon_{xx},\ \varepsilon_{yy},\gamma_{xy},\}$- deformatsiya vektorining komponentlari; $\{\sigma\}=\{\sigma_{xx},\ \sigma_{yy},\ \tau_{xy}\}$– ko‘chish vektorining komponentlari;

Guk qonuniga asosan kuchlanish va deformatsiya vektorlar komponentlari quyidagi munosabat bilan bog‘langan.

$$\{\sigma\}=[D]\{\varepsilon\}$$

Bu yerda: [D]- kompozit jismning elastiklik matritsasi.

Bir yo‘nalishlik kompozit jismlarga daraxt tanasi, alivroit va polisterol oynalari kiradi, polisterol esa, to‘ldiruvchi sifatida ishlatiladi. Agar jism ikkita o‘zaro perpendikulyar yo‘nalishlar bo‘yicha har xil fizik xususiyatlarga ega bo‘lsa u jism kompozit deyiladi.Ular 5-ta bog‘liq bo‘lmagan parametrlarga ega.

Kompozit jismning umumlashgan (effektiv) mexanik parametrlarini hisoblash qorishma qoidasiga asoslangan bo‘lib, quyidagi munosabatlar ishlatiladi:

- tola OX o‘qi yo‘nalishi bo‘yicha jismning elastik moduli:

$$E_1 = E_b * V_b + E_M(1-V_b)$$

- tola yo'nalishiga perpendikulyar OY o'qi yo'nalishi bo'yichaelastik moduli :

$$E_2 = E_b E_M /(E_b * V_b + E_M(1-V_b))$$

- tolalik jismning Puasson koeffitsienti

$$\mu^{'} = \mu_M(1-V_b) + \mu_b + V_b$$

- tolalik jismning siljish moduli

$$G^{'} = \frac{G_b G_M}{G_M V_b + G_b(1-V_b)}$$

Bularda,

E_v – tolaning elastik moduli ; E_m – matritsaning elastik moduli ;

V_b – tolaning kompozit materialdagi nisbiy hajmi.

Ikki o'lchovli kompozit jismlar uchun qattiqlik matritsasining ko'rinishiquyidagicha [1]:

$$D = \begin{bmatrix} \frac{nE_2}{1-n\mu_2^2} & \frac{n\mu_2 E_2}{1-n\mu_2^2} & 0 \\ \frac{n\mu_2 E_2}{1-n\mu_2^2} & \frac{E_2}{1-n\mu_2^2} & 0 \\ 0 & 0 & mE_2 \end{bmatrix}$$

Bu yerda: E_1 - **OX** o'qi yonalishi bo'yicha jismning elastik moduli ;

E_2 - **OY** o'qi yonalishi bo'yicha jismning elastik moduli;

μ_1, μ_2 – mos ravishdagi Puasson koefitsienti;

$G = \frac{E_1}{2(1+\mu_1)}$ – siljish modulining qiymati;

$$n = \frac{E_1}{E_2}; \; m = \frac{G}{E_2}.$$

Bu keltirilgan munosabatlar tolalik kompozit materiallarning uni bir jinsli holiga keltirib hisoblanganda, kuchlanganlik holatini to'liq tasvirlaydi.Deformatsiya vektori {ε} o'z navbatida siljish vektori bilan quyidagi munosabat bilan bog'langan:

$$\{\varepsilon\} = [B]\{U\}$$

Bu yerda $[B]$- gradientlar matritsasi bo'lib, quyidagi ko'rinishga ega:

$$[B\,] = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix}$$

Qo'yilgan masala chekli elementlar usuli bilan yechiladi. Bu usulda jism egallab turgan soha kichik hajmga ega bo'lgan chekli elementlarga bo'laklanadi. u, v-siljishlarning approksimatsion funksiyalari har bir chekli elementlar uchun keltiriladi. Asosiy nomalumlar sifatida tugun nuqtalar siljishi olinadi, chunki kichik soha ichidagi siljishlarning approksimatsiyasi uchun sodda funksiyalarni ishlatish imkoni bor.

Ko'rilayotgan jismning xususiyatlarini o'rganish chekli o'lchovlarga ega bo'lgan elementlarning xususiyatlarini o'rganishdan boshlanadi.

e - inchi chekli elementi siljish vektorining komponentalari quyidagi ko'rinishda tasvirlanadi:

$$\{U\} = \begin{Bmatrix} U \\ V \end{Bmatrix} = [I\,N_1,\quad I\,N_2, \ldots, I\,N_n]\{g\}^e$$

Bu yerda $\mathbf{N_i}$- chekli elementning forma (ko'rinish) funksiyasi; n – chekli elementdagi tugun nuqtalar soni; I –o'lchami 2x2 bo'lgan birlik matritsa;

$\{g\}^e = \{U_1, V_{11},\quad U_2, V_2, \ldots, U_n, V_n\}$– chekli elementning tugun nuqtalaridagi siljish vektori.

Har bir chekli element uchun deformatsiya vektori va kuchlanish vektori o'zaro quyidagicha bog'lanadi:

$$\{\varepsilon\}^e = [B]\{g\}^e \qquad \text{va} \qquad \{\sigma\}^e = [D]\{\varepsilon\}^e,$$

Bu yerda $[B]$- gradiyentlar matritsasi bo'lib ,u quyidagi ko'rinishga ega:

$$[B] = [B_1, B_2, \ldots, B_n] \qquad \text{ва} \qquad B_i = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_i}{\partial y} \\ \frac{\partial N_i}{\partial y} & \frac{\partial N_i}{\partial x} \end{bmatrix}.$$

Har bir chekli element uchun Lagranj variatsion tenglamasini quyidagi ko'rinishda tasvirlash mumkin:

$$\left(\int_{S^e} [B]^T [D][B] dV \right) \{g\}^e - \int_{L^e} [N]^T \{P\} dS = 0.$$

Quyidagi ifodalarni kiritamiz:

$$[K]^e = \int_{S^e} [B]^T [D][B]\, dS \qquad \text{va} \qquad \{F\}^e = \int_{L^e} [N]^T \{P\}\, dL.$$

U holda yuqoridagi tenglamaning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi,

$$[K]^e \{g\} - \{F\}^e = 0,$$

Bu yerda: $[K]^e$ - e-chi chekli elementning qattiqlik matritsasi;

$\{F\}^e$ -tugun nuqtalarga keltirilgan kuchlar vektori.

Hal qiluvchi chiziqli algebraik tenglamalar sistemasini qurish jarayonini ko'rib chiqamiz.

Jismning diskret modelidagi har bir tugun nuqta bir necha chekli elementning tarkibida ishtirok etganligi sababli, shu tugun nuqtaning muvozanat holatini tasvirlovchi tenglamaning satri shu chekli elementlarning mos koeffitsientlarining yig'indisini o'z ichiga oladi. Misol uchun i-chi tugun nuqtaga mos keluvchi qattiqlik matritsasi va unga mos keluvchi tugun nuqtalaridagi tashqi kuchlar vektori quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$\left(\sum_e [K_{i1}] \right)^e \{g_1\} + \left(\sum_e [K_{i2}] \right)^e \{g_2\} + \ldots + \left(\sum_e [K_{im}] \right)^e \{g_m\} - \sum_e \{F_i\}^e = 0,$$

Bu yerda:

$\sum_e \{F_i\}^e$- i-chi tugun nuqtaga keltirilgan tashqi kuchlar komponentalarining yig'indisi.

Tabiiyki bu yig'indiga faqat i-chi tugun nuqtani o'z tarkibiga olgan chekli elementlar xissa qo'shadi.Barcha ko'rinishdagi tenglamalarni birlashtirganda boshlang'ich jism diskret modelining umumiy tenglamalar sistemasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$[K]\{G\}-\{F\}=0$$

Bu yerda: $[K]$-qattiqlik matritsasining global sistemasi.

Xulosa o'rnida shuni aytish mumkinki, ushbu maqolada ishida ikki o'lchovli kompozitsion jismlarning kuchlanganlik holatini aniqlash usullari ikki o'lchovli anizotrop qattiq jismning kuchlanganlik holatini aniqlash uchun tegishli matematik model, modifikatsiyalashgan yechish usullari, effektiv algoritmlar asosida tavsiyalar berildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Khaldjigitov A.A., Babajanov M.R., Kalandarov A.A., & Khudazarov, R.S. (2020). Coupled dynamic thermoplasticity problem for transversely isotropic parallelepiped. International Journal, 8(7), 3958-3964.
2. Khaldjigitov A., Kalandarov A., Babajanov M., Adambaev U., & Sagdullaeva D. (2022, December). Three-dimensional coupled dynamic thermoplastic boundary value issue for a transversely isotropic parallelepiped numerical solution. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2686, No. 1). AIP Publishing.
3. Qalandarov, A. A., & Khaldjigitov, A. A. (2020). Mathematical and numerical modeling of the coupled dynamic thermoelastic problems for isotropic bodies. TWMS Journal of Pure and Applied Mathematics, 11(1), 119-126.
4. Абдураимов, Д.Э.Ў., Адилов, А.Н., & Турдиев, А.П.Ў. (2021). Анизотроп ва изотроп жисмлар учун термоэластик боглиқ масаланинг икки ўлчовли ҳолатдаги математик модели. Scientific progress, 1(5), 449-453.
5. Полатов А.М., Остонов А.А., Эшниязова С.Х. Компьютерное моделирование расчета композитных материалов //Материалы научно-технической конференции «Прикладная математика и информационная безопасность». Ташкент, 28-30 апреля 2014. – Б. 155-158.
6. Абдураимов, Д.Э, Норматова М.Н., & Монасипова, Р.Ф. (2021). Либман типидаги итерацин усулни эластиклик назарияси масаласига кўллашнинг математик модели. Science and Education, 2(1), 15-20.