MATHCAD TIZIMIDA IKKI O’LCHOVLI KOMPOZIT TUZILMALAR DEFORMATSIYASINI CHEKLI ELEMENTLAR USULIDA YECHISH

Nigmatov Z.Z
t.f.t.n (PhD), Chirchiq OTQMBY QKF va QB kafedrasi katta o‘qituvchisi
Akramov B.A
QK xizmatchisi Chirchiq OTQMBY QKF va QB kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: *Ushbu maqolada mathcad tizimida ikki o’lchovli sohaning diskret modelini qurish algoritmi va chekli element usuli asosida xisoblash tajribalarini o’tkazishda ko’rib chiqilayotgan real obyektning chekli element panjarasini qurish jarayonini avtomatlashtirish muhokama qilindi.*

Kalit so‘zlar: *Ikki o’lchovli soha, chekli element, diskret model, algoritm, Mathcad.*

Annotation: *in the article to discuss the automation of the process of building the finite element grid of the real object under consideration in the calculation experiments based on the algorithm for building a discrete model of a two-dimensional area in the mathcad system and the finite element method.*

Key words: *Two-dimensional area, finite element, discrete model, algorithm, Mathcad.*

Mathcadda chekli elementlar usuli bilan ikki o‘lchamli kompozitsion jismlar deformatsiyasi masalasini yechish uchun sohaning diskret modelini qurish zarur. Ushbu maqolada strukturaviy element egallagan maydonning chekli elementli tasvirini qurish usuli ishlab chiqilgan. Shu bilan birga, soha kordinatalarining tartiblangan to’plamini qurish algoritmi ham keltirib o’tilgan.

Ikki o’lchovli sohaning diskret modelini qurish algoritmi quyidagi ma’lumotlarga asoslanadi.

Soha konfiguratsiyasining chekli elementlar tasviri diskret to’plam

$\Omega = \{\boldsymbol{N}, \boldsymbol{M}, \boldsymbol{MK}, \boldsymbol{MN}\}$

bilan tavsiflanadi, bu yerda:

$\boldsymbol{N}$ – chekli elementlar to’rining tugunlari soni;

$\boldsymbol{M}$ – chekli elementlar soni;

$\boldsymbol{MK}$ – tugun kordinatalarining tartiblangan to’plami;

$\boldsymbol{MN}$ – elementlar bo’yicha tartiblangan tugun raqamlari to’plami.

Boshlang’ich malumotlar sifatida sohaning eni $\boldsymbol{a}$ va bo’yi $\boldsymbol{b}$ qiymatlari kiritiladi. Hamda sohaning bo’yi va eni necha bo’laklarga bo’linib qaralishi kerak bo’ladi. Bular

$\boldsymbol{n}$ va $\boldsymbol{m}$ lardir. Shu ma’lumotlarga asoslangan holda soha konfiguratsiyasining chekli elementlar tasviri diskret to’plami quyidagicha aniqlanadi.

$a \coloneqq 6 \quad b \coloneqq 4$

$n \coloneqq 2 \quad m \coloneqq 2$

Ushbu kiritilgan ma’lumotlar asosida N va M lar topiladi.

$N := (n+1)\cdot(m+1)$

$M := n \cdot m \cdot 2$

Tugun kordinatalarining to'plami va elementlar bo'yicha tartiblangan tugun raqamlari to'plami $\boldsymbol{N}$ va $\boldsymbol{M}$ asosida yig'iladi.

Izlanayotgan $\boldsymbol{MK}$ va $\boldsymbol{MN}$ to'plamlarni yig'ish algoritmi quyidagicha.

$\boldsymbol{MK}$ elementlar to'plamini mathcad dasturida yig'ish algoritmi:

Natija MK elementlar to'plamiga (xi, yi) ko'rinishida yig'iladi

MK elementlar to'plamini Mathcad dasturida yig'ish algoritmi:

x :=0 y :=0

x :=0 y :=0

$$MK_{N-1,1} = \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 1..N \\ \quad MK_{N-1,0} \leftarrow x \\ \quad MK_{N-1,1} \leftarrow y \\ \quad x \leftarrow x + a \div n \\ \quad \text{if mod } (i,n+1)=0 \\ \quad\quad x \leftarrow 0 \\ \quad\quad y \leftarrow y + b \div m \\ \quad MK_{N-1,1} \leftarrow b \end{array} \right.$$

Natija MK elementlar to'plamiga $(x_i \ y_i)$ ko'rinishida yig'iladi.

$$MK_{N-1,1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 3 & 0 \\ 6 & 0 \\ 0 & 2 \\ 3 & 2 \\ 6 & 2 \\ 0 & 4 \\ 3 & 4 \\ 6 & 4 \end{pmatrix}$$

elementlar to'plamini Mathcad dasturida yig'ish algoritmi:

```
d ← 1
g ← 1
for i ∈ 0.. (M - 1)
  if d= 1
    for j ∈ 0..2
      MN_{i,j} ← g if j = 0
      MN_{i,j} ← g+n+2 if j = 1
      MN_{i,j} ← g+n+1 if j = 1
    d ← 2
  if d = 2                    otherwise
    for j ∈ 0..2
      MN_{i,j} ← g-1  if j = 0
        MN_{i,j} ← g   if j = 1
      MN_{i,j} ← (g+n+1) if j = 1
    d = 1
    g ← g-1
  g ← g+1
  g ← g+1 if mod (I + 1, n -2) = 0
  MN_{i,j} ← N  if  I = (M - 1)
```

$$MN_{M-1,2} = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 4 \\ 1 & 2 & 5 \\ 2 & 6 & 5 \\ 2 & 3 & 6 \\ 4 & 8 & 7 \\ 4 & 5 & 8 \\ 5 & 9 & 8 \\ 5 & 6 & 9 \end{pmatrix}$$

Chekli elementlar usulini qo‘llash natijasida simmetrik va lentalik algebraik tenglamalar sistemasi hosil bo‘ladi. Matritsani koeffitsiyentlarining nolga teng bo‘lmagan qiymatlaridan iborat bo‘lgan lentasini kamaytirish uchun har bir chekli elementdagi tugun nuqtalar nomerlari qiymalari orasidagi farqni kamaytirish kerak. Bu jarayon qaralayotgan sohaning diskret modelidagi chekli elementlardagi tugun nuqtalar nomerlarini tartiblanganligiga bog‘lik. Shu holatda tenglamalar sistemasini yechish uchun tenglamalar sistemasining faqat diagonaldagi va diagonalning quyi qismidagi koeffitsiyentlarni ishlatish mumkin. Matritsa koeffitsiyentlari lentalik strukturali va simmetrik bo‘lgani uchun lentadan tashqarada va matritsa diagonalida yuqorida joylashgan elementlarini yechish jarayonida hisobga olmaslik ham mumkin.

Tenglamalar sistemasini yechishda kvadrat ildizdar usuli qo‘llanilganda asosan matritsani vektorga ko‘paytirish amallari ishlatilgani uchun biz bu amalda faqat matritsaning diagonaldagi va quyi lentadagi elementlarini ishlatib bu amalni bajaramiz.

Agar matritsa koeffitsentlarini satr bo‘yicha ketma-ket joylashtirilgan bo‘lsa u holda bu elementlar Sij to‘g‘ri burchakli matritsa hosil qiladi. Uning tartibi (n x l) bo‘lib, bu yerda n - tenglamalar sistemasining tartibi, l-nolga teng bo‘lmagan va lentani ichida joylashgan lentaning kengligi. Shuni takidlash zarurki , boshlang‘ich matritsaning diogonal elementlari Sij matritsaning l - ustunida joylashadi.

Hosil bo‘lgan natijalarni misol sifatida tasvirlaymiz. Faraz qilaylik to‘g‘ri to‘rtburchakli matritsaning parametrlari n=9 va l=4 bo‘lsin. Bunda quyi uchburchak matritsa koyeffisentlari va to‘g‘ri to‘rtburchak matritsaning koyeffisentlariquyidagi ko‘rinishda bo‘ladi.

$$T' = \begin{bmatrix} t_{11} & & & & & & & & \\ t_{21} & t_{22} & & & & & & & \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} & & & & & & \\ t_{41} & t_{42} & t_{43} & t_{44} & & & & & \\ 0 & t_{52} & t_{53} & t_{54} & t_{55} & & & & \\ 0 & 0 & t_{63} & t_{64} & t_{65} & t_{66} & & & \\ 0 & 0 & 0 & t_{74} & t_{75} & t_{76} & t_{77} & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & t_{85} & t_{86} & t_{87} & t_{88} & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_{96} & t_{97} & t_{98} & t_{99} \end{bmatrix} \quad S = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & t_{14} \\ 0 & 0 & t_{23} & t_{24} \\ 0 & t_{32} & t_{33} & t_{34} \\ t_{41} & t_{42} & t_{43} & t_{44} \\ t_{51} & t_{52} & t_{53} & t_{54} \\ t_{61} & t_{62} & t_{63} & t_{64} \\ t_{71} & t_{72} & t_{73} & t_{74} \\ t_{81} & t_{82} & t_{83} & t_{84} \\ t_{91} & t_{92} & t_{93} & t_{94} \end{bmatrix}$$

Sij matritsani xj vektoga ko‘paytirish uchun biz matritsani vektorga ko‘paytirish amalini boshlang‘ich matritsaning faqat quyi lentalik qismi joylashgan Sij matritsa elementlari asosida quyidagi formulalar bilan bajaramiz:

$$y_i = \sum_{j=1}^{i-1} s_{i,l+j-i} x_j + \sum_{j=i}^{i+l-1} s_{j,i+l-j} x_j \, , 1 \le i \le l;$$

$$y_i = \sum_{j=1}^{l-1} s_{i,j} x_{i-l+j} + \sum_{j=i}^{i+l-1} s_{j,i+l-j} x_j \, , l+1 \le i \le n\text{-}l+1;$$

$$y_i = \sum_{j=1}^{l-1} s_{i,j} x_{i-l+j} + \sum_{j=i}^{n} s_{j,i+l-j} x_j \, , n\text{-}l+2 \le i \le n.$$

Bu munosabatlarni ishlatish natijasida dastlabki matritsaning birinchidan faqat quyi simmetrik koeffitsiyentlari ishlatiladi, ikkinchidan lentadan tashqari joylashgan elementlari ishlatilmaydi. Bu esa kvadrat ildizlar usulidagi amallar sonini anchaga kamaytirish imkonini beradi. Shu bilan birga amaliyotda ko‘p uchraydigan katta tartibli tenglamalar sistemalarini yechish uchun effektiv omil bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Вычислительная теплопередача. - М: Едиториал УРСС, 2003. - 784 с.
2. Цаплин А.И. Моделирование теплофизических процессов и объектов в металлургии: учеб. пособие – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. - 299 с.
3. Жуков Н. П., Майникова Н. Ф., Никулин С. С.,Антонов О. А. Решение задач теплопроводности методом конечных элементов :. -Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. - 80 с.
4. Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Разностные методы решения задач теплопроводности: учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2007. - 172 с.

5. Липанов А.М., Макаров С.С. Численное решение задачи охлаждения высокотемпературного сплошного металлического цилиндра. Машиностроение и инженерное образование, 2012, № 4. 33-40 с.