



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Laboratorio de Biomecánica

Práctica 2: Diseño del marco de una bicicleta.

Docente: Dra. Yadira Moreno Vera

Día y hora: miércoles N4 Brigada: 309

Equipo 3:

Matriculas	Nombre	Carrera
1806409	Eduardo Antonio Flores Ramírez	IMTC
1884328	Daniel Isaac zaragoza Soto	IMTC
1900466	Denisse García Espinoza	IMTC
1897305	Kevin Alberto Flores Martínez	IMTC
1991814	Pedro Hazael Uriegas Peña	IMTC

Semestre agosto-diciembre 2022.

27 de noviembre de 2022

Objetivo

El estudiante deberá presentar una propuesta de análisis de formas y de la programación para la ejecución de la optimización (descripción funcional) de características de trabajo específicas que presenta la(s) ventaja(s) (mencionar ventajas).

Desarrollo

Nombre y definición de la geometría

La bicicleta se compone de varios elementos, el principal es el cuadro, el cual es la pieza a la que van unidas todas las piezas y el que soporta la mayor cantidad de peso del ciclista. Se conforma de varios tubos de diferentes longitudes y secciones. Los componentes y tubos principales que conforman el cuadro de la bicicleta son:

Telescopio. Realiza la función de eje.

Vaina inferior. Se encarga de unir el eje de la rueda trasera con la caja de pedalier.

Vaina superior. Se refiere al tubo que se encarga de enlazar el eje de la rueda trasera con el tubo del asiento.

Tubo del asiento. Tubo que forma dos triángulos en el cuadro y las partes inferiores con las superiores. En la unión inferior se aloja la caja de pedalier y en la superior el sillín de la bicicleta.

Tubo inferior. Une el telescopio con la caja de pedalier.

Tubo superior. Une el telescopio con el tubo del asiento.



Estado del Arte

El primer prototipo de bicicleta que se conoce se remonta a finales del siglo XV. Se trata de unos dibujos en papel hechos por Leonardo Da Vinci, en el cual ya incluía una cadena de transmisión para pasar la fuerza realizada por los pies a la rueda trasera. En 1816, el inventor Karl Dreis construye una bicicleta sin pedales, cadenas ni frenos. El avance se tenía que realizar con los pies, al igual que el frenado. En cambio, dispone de manillar para dirigir la trazada que se quería realizar. Esta bicicleta se pensaba que iba a revolucionar, pero no, solo fue un prototipo más.

En 1839, el escocés Kirkpatrick Macmillan añadió pedales a dicho prototipo. Fue un gran avance, pues ya se podía impulsar mediante el empuje de los pies hacia delante y hacia atrás. Fue utilizada por el mismo inventor, pero no fue vendida ni patentada.

El primer avance de las ruedas hinchables fue realizado por Robert William Thomson, las cuales sustituyeron las ruedas de madera. En 1861, Ernest Michaux puso en su bicicleta los pedales en la rueda delantera, así la transmisión era directa a la rueda. Cabe resaltar que la rueda delantera era de mayor diámetro que la trasera y resultaba un poco más complicado aguantar el equilibrio. El frenado se realizaba mediante la tensión de un hilo de hierro que frenaba la rueda trasera por fricción. A falta de la transmisión, esta bicicleta ya poseía los elementos que conocemos en las bicicletas actuales en un estado primitivo.

En 1885, John Kemp Starley inventó la "Safety Bicycle", que ya se acercaba mucho a las bicicletas de hoy en día. Contaba con frenos y la persona estaba mucho más cerca del suelo. Poco después se añadieron los neumáticos con cámara caliente, que fueron un gran invento, ya que su función era amortiguar los golpes contra el suelo con el aire, mientras que de madera eran macizas. Las ruedas eran más o menos del mismo tamaño y los pedales se movían por una cadena de transmisión unida a la rueda trasera. La bicicleta fue producida en serie y muy demandada en su época. A partir de esta, salieron variantes hasta crear la bicicleta que conocemos hoy en día.

Propuesta de diseño de la geometría, alcances y limitaciones

La forma del cuadro está relacionada con el concepto de antropometría, así no fuimos más allá de encontrar la adaptación del cuadro a las medidas corporales del ciclista.

Luego, mediante un ajuste biomecánico se emiten variables en la altura y posición del sillín, la longitud de la manivela, la altura y posición del manillar y el ancho del manillar.

Además, existe una notable diferencia entre los cuadros de una bicicleta diseñada para hombres o para mujeres, que para las mujeres se tiene un diseño que facilita montar en las bicicletas. La intención de la presente práctica es la optimización del diseño.

El propósito es crear la parte delantera del marco para que la bicicleta tenga la mayor rigidez posible, como observamos en la imagen del problema de diseño, el marco está unido con el asiento y con el manubrio.

Hay ciertos puntos que debemos tener en cuenta en el diseño como que la rueda delantera tiene que ocupar cierto espacio donde no puede ir parte del marco, la parte trasera tiene que soportar el peso de la persona y el manubrio crea una fuerza vertical.

Pasos del desarrollo de la programación

Primero vamos a considerar solo la carga y el apoyo. Para esto editaremos líneas

80 y 81 del código de matlab:

- 80 $F(2,1)=1;$
- 81 $\text{fixeddofs} = 2 * \text{nelx} * (\text{nely} + 1) + 1:2 * (\text{nelx} + 1) * (\text{nely} + 1);$

Se guarda el código y se ejecuta con:

- $\text{top}(20,20,0.33,3.0,1.5)$

El modulo de Young se debe corregir en la línea 89, con un valor de $E=2*10^{11}\text{N/m}^2$.

También se puede corregir el tamaño de los elementos finitos en la línea 41.

41 while $((l2-l1)/l2 > 1e-4)$

Penalización y filtro de radio

La sintaxis de la función es:

- $\text{top}(\text{nelx}, \text{nely}, \text{volfrac}, \text{penal}, \text{rmin})$

Donde las variables denotan lo siguiente:

- nelx es el número de elementos finitos en la dirección horizontal.
- nely es el número de elementos finitos en la dirección vertical.
- volfrac es la fracción de volumen en el dominio de diseño.
- penal es la penalización de las densidades intermedias. Una penalización alta hará la solución en blanco y negro, es decir los elementos finitos estarán llenos o vacíos. Una penalización = 1 significa que no hay penalización de las densidades intermedias.
- rmin es un radio de filtro para un filtro que hace que el diseño de malla independiente.

Definición de regiones vacías

Se agrega el siguiente código a las líneas 5 y 6 del código de Matlab:

for ely =1:nely

for elx = 1:nelx

if $((\text{elx})^2 + (\text{ely} - \text{nely})^2) < (0.65 * \text{nelx})^2$

passive(ely,elx) = 1;

```

        else
            passive(ely,elx) = 0;
        end
    end
end
end
x(find(passive)) = 0.001;

```

El ultimo comando inicializa todos los elementos de la zona hueca en el bajo valor 0.001. también se le tiene que agregar un alineamiento de código entre el 43 y 44.

- 29 [x] = OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive);
- 40 function [xnew]=OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive)
- 43b xnew(find(passive)) = 0.001;

Realiza estos cambios y ejecuta con:

- top(20,20,0.33,3,1.5)

CODIGO EN MATLAB:

```
Editor - C:\Users\denis\OneDrive\5to semestre\7mo sem\Biomecnica\prac2.m
prac2.m x +
1      %%EQUIPO 3-BRIGADA 309
2      function prac2(nelx,nely,volfrac,penal,rmin)
3      %initialize
4      x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
5      loop = 0;
6      for ely = 1:nely
7          if ((elx)^2+(ely-nely)^2) < (0.65*nelx)^2
8              passive(ely,elx) = 1;
9          else
10             passive(ely,elx) = 0;
11         end
12     end
13 end
14 x(find(passive))=0.001;
15 change = 1.;
16 %start iteration
17 while change > 0.01
18     loop = loop + 1;
19     xold = x;
20 % FE-ANALYSIS
21 [U]=FE(nelx,nely,x,penal);
22 %objective function and sensitivity analysis
23 [KE] = 1k;
24 c = 0.;
25 for ely = 1:nely
26     for elx = 1:nelx
```

```

27     n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
28     n2 = (nely+1)*elx+ely;
29     Ue = U([2*n1-1;2*n1; 2*n2-1;2*n2;2*n2+1;2*n2+2;2*n1+1;2*n1+2],1);
30     c = c + x(ely,elx)^penal*Ue'*KE*Ue;
31     dc(ely,elx) = -penal*x(ely,elx)^(penal-1)*Ue'*KE*Ue;
32     end
33 end
34 %Flittering of sensitivities
35 %[dc] = check(nelx,nely,rmin,x,dc);
36 %design update by the optimality criteria method
37 [x] = OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive);
38 % print results
39 change = max(max(abs(x-xold)));
40 disp(['It.: ' sprintf('%4i',loop) 'Obj.: ' sprintf('%10.4f',c)...
41      ' Vol.: ' sprintf('%6.3f',sum(sum(x))/(nelx/nely)) ...
42      ' ch.: ' sprintf('%6.3f',change )])
43 %plot densities
44 colormap(gray); images(-x); axis equal; axis tight; axis off;pause(1e-6);
45 end
46 %%%optimality cirteria update%%
47 function [xnew]=OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive)
48 l1 = 0; l2 = 100000; move = 0.2;
49 while ((l2-l1)/l2 > 1e-4)
50     lmid = 0.5*(l2+l1);
51     xnew(find(passive))=0.001
52
53     xnew = max(0.001,max(x-move,min(1.,min(x+move,x.*sqrt(-dc./lmid))));
54     if sum(sum(xnew)) - volfrac*nelx*nely > 0;
55         l1 = lmid;
56     else
57         l2 = lmid;
58     end
59 end
60 %mesh-independency filter%%
61 function [dcn] = check(nelx,nely,rmin,x,dc)
62     dcn=zeros(nely,nelx);
63     for i = 1:nelx
64         for j = 1:nely
65             sum = 0.0;
66             for k = max(i-round(rmin),1):min(i+round(rmin),nelx)
67                 for l = max(j-round(rmin),1):min(j+round(rmin),nely)
68                     fac = rmin-sqrt((i-k)^2+(j-l)^2);
69                     sum = sum+max(0,fac);
70                     dcn(j,i) = dcn(j,i) + max(0,fac)*x(l,k)*dc(l,k);
71                 end
72             end
73         end
74     end
75 %fe-analysis%%
76 function [U]=FE(nelx,nely,x,penal)
77 [KE] = lk;
78 K = sparse(2*(nelx+1)*(nely+1), 2*(nelx+1)*(nely+1));
79 F = sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),1); U=sparse(2*(nely+1)*(nelx+1),1);

```

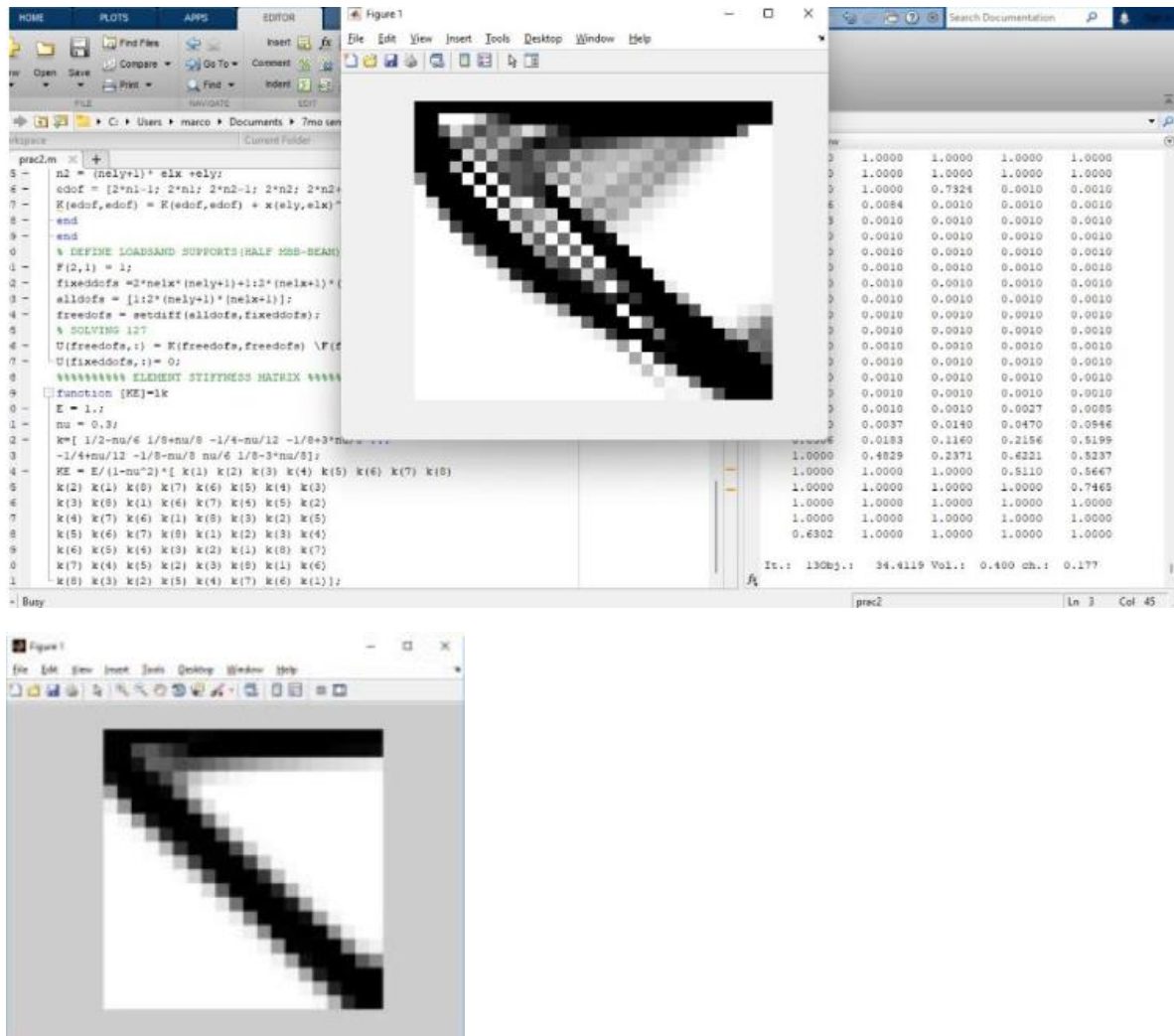
```

77     for ely = 1:nely
78         for elx = 1:nelx
79             n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
80             n2 = (nely+1)*elx +ely;
81             edof=[2*n1-1; 2*n1; 2*n2-1; 2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2; 2*n1+1; 2*n1+2];
82             K(edof,edof) = K(edof,edof) + x(ely,elx)^penal*KE;
83         end
84     end
85     %%define loadsand supports(half mbb-beam)
86     F(2,1) = 1;
87     fixeddofs =2*nelx*(nely+1)+1:2*(nelx+1)*(nely+1);
88     alldofs = [1:2*(nely+1)*(nelx+1)];
89     freedofs= setdiff(alldofs,fixeddofs);
90     %solving 127
91     U(freedofs,:) = K(freedofs,freedofs) \F(freedofs,:);
92     U(fixeddofs,:)=0;
93     %%element stiffness matrix%%
94     function [KE] = lk
95         E = 1.;
96         nu = 0.3;

97     %% element stiffness matrix%%
98     function [KE] = lk
99         E=1.;
100        nu=0.3;
101        k=[ 1/2-nu/6 1/8+nu/8 -1/4-nu/12 -1/8+3*nu/8 ...
102            -1/4+nu/12 -1/8-nu/8 nu/6 1/8-3*nu/8];
103        KE = E/(1-nu^2) * [ k(1) k(2) k(3) k(4) k(5) k(6) k(7) k(8)
104                           k(2) k(1) k(8) k(7) k(6) k(5) k(4) k(3)
105                           k(3) k(8) k(1) k(6) k(7) k(4) k(5) k(2)
106                           k(4) k(7) k(6) k(1) k(8) k(3) k(2) k(5)
107                           k(5) k(6) k(7) k(8) k(1) k(2) k(3) k(4)
108                           k(6) k(5) k(4) k(3) k(2) k(1) k(8) k(7)
109                           k(7) k(4) k(5) k(2) k(3) k(8) k(1) k(6)
110                           k(8) k(3) k(2) k(5) k(4) k(7) k(6) k(1)];

```


Resultados de la optimización



Conclusiones

Denisse García Espinoza 1900466: en esta práctica se reforzaron conocimientos vistos en prácticas anteriores en donde se realizó un análisis de geometrías. Ahora se analizó el marco de una bicicleta como geometría por lo que el análisis se vuelve un poco más familiar y agradable y aplicable a la vida real. Al igual que en la práctica pasada se tuvieron que hacer unos cambios en las líneas de código de Matlab de tal forma que la simulación corra los parámetros que nosotros especificábamos. Lo que se aprendió en esta práctica es como aplicar el método de análisis, pero para otro tipo de geometrías diferentes y no solamente apoyos en vigas.

Daniel Isaac zaragoza soto 1884328: los conocimientos adquiridos en esta práctica fueron los conocimientos vistos con el análisis de geometría en el programa, esto nos ayuda a comprender más a fondo el funcionamiento de este programa y como lo podemos implementar con cualquier ámbito y optimizar cualquier parámetro que se nos dé en el programa.

Kevin Alberto Flores Martínez 1897305: Para este trabajo realizamos una vez más un estudio de optimización topológica usando el software de Matlab. En esta oportunidad tocó diseñar un marco de bicicleta con un estudio topográfico. A medida que el código se modificaba, podríamos notar diferencias en la nitidez de la imagen. Estudios como este nos permiten diseñar estructuras optimizadas para un bajo coste y que a su vez cumpla con su función.

Pedro Hazael Uriegas Peña 1991814: Para el realizamiento de esta práctica se utilizó el código que se había usado anteriormente en la práctica 1, solo que, con algunas modificaciones para analizar las geometrías, en este caso analizamos una bicicleta a través del método de optimización por lo que fue muy útil visualizar este método en algo más que en vigas.

Eduardo Antonio Flores Ramírez 1806409: En esta práctica se abarco el tema de las bicicletas unió de los mejores y a la vez sencillos mecanismos que existe. El prototipo que se menciona se inventó desde la epoca de Leonardo Da Vinci, misma persona que creo ciertos diseños. Gracias a esta practica tuvimos un mejor entendimiento de temas de geometria y aplicar un diseño más optimizado para las personas.

Referencias bibliográficas

1. 99 Line Topology Optimization Code – O. Sigmund, Department of Solid Mechanics, Building 404, Technical University of Denmark, DK-2800 Lyngby, Denmark.