



Técnicas Computacionales en la Ingeniería Civil - Curso 2020-21

Práctica 3

Estructura de barras 3D incluyendo la no-linealidad geométrica

(Formulación Lagrangiana Total)

José A. González

7 de Febrero de 2020

1. Plazo de entrega

Hasta el día 7 de marzo de 2021 inclusive. La práctica es **estrictamente individual** y el resultado se subirá a la plataforma de Enseñanza Virtual dentro del plazo de entrega establecido.

2. Enunciado

Consideramos la estructura espacial representada en la Figura 1 para estudiar el comportamiento de los métodos de resolución de longitud de arco. La estructura está compuesta por 12 elementos finitos tipo barra con una rigidez a compresión $EA = 5 \times 10^4$.

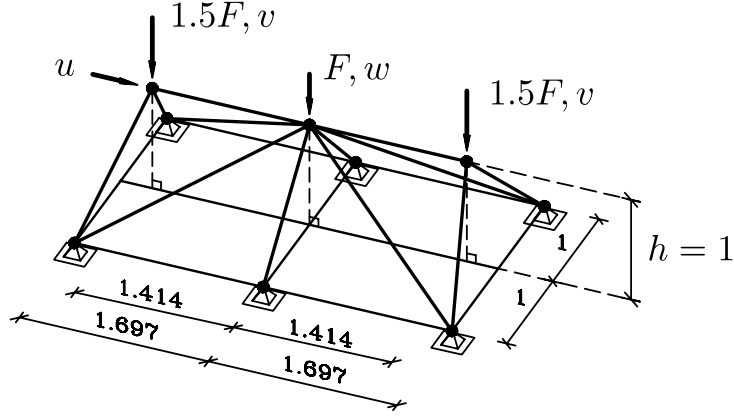


Figura 1: Modelo de una estructura espacial formada por 12 elementos finitos.

Las condiciones de contorno de las barras, apoyos articulados, se encuentran situados en la base ($z = 0$). En la parte superior de la estructura, $z = 1$, se aplican tres fuerzas verticales en la dirección negativa del eje z . La respuesta de la estructura viene caracterizada por los tres desplazamientos u , v y w .

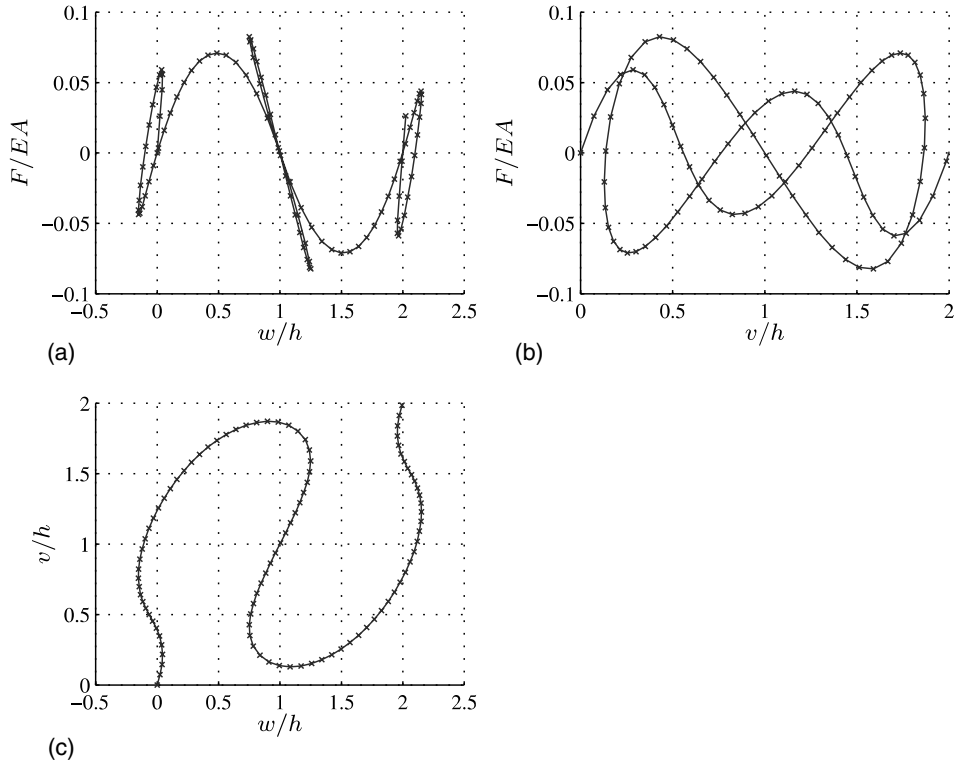


Figura 2: Curvas de equilibrio de la estructura según Krenk (2009).

El mismo problema ha sido estudiado por Krenk [1] (ejemplo 8.3, página 281) que ha obtenido las curvas de

equilibrio representadas en la Figura 2, donde podemos apreciar la existencia de puntos límite y de retorno en la respuesta de la estructura.

Se pide resolver las siguientes cuestiones:

1. Implementar el método de resolución de longitud de arco explicado en clase [2] para la resolución geométricamente no-lineal de estructuras de barras 3D.
2. Comprobar el correcto funcionamiento del algoritmo comparando con los resultados obtenidos por Krenk para la estructura de la Figura 1. Implementar las mejoras del método de resolución que considere necesarias para atravesar los puntos límite y de retorno que presenta el sistema. Representar los ciclos de avance-retroceso de la estructura en diagramas de equilibrio como los que se representan en la Figura 2.
3. Asumir finalmente que el material de las barras sigue la ley de comportamiento:

$$S = \frac{E}{2} \frac{\ln(2\varepsilon_G + 1)}{(2\varepsilon_G + 1)^{\frac{1}{2}}}$$

donde ε_G es la deformación de Green y recalculer las curvas de equilibrio de la estructura.

Listing 1: Definición de la malla de la estructura.

```

1  % Coordinates
2  x1=1.697;
3  x2=1.414;
4
5  % Nodal coordinates
6  node=[ -x1 -1 0
7         0  -1 0
8         x1 -1 0
9        -x1  1 0
10         0   1 0
11         x1  1 0
12        -x1  0 1
13         0   0 1
14         x1  0 1];
15
16 % Connectivity matrix
17 element=[1 7;
18          1 8;
19          2 8;
20          3 8;
21          3 9;
22          4 7;
23          4 8;
24          5 8;
25          6 8;
26          6 9;
27          7 8;
28          8 9];

```

3. Entrega

Finalmente, se subirá a Enseñanza Virtual el resultado en una carpeta comprimida en formato zip que contenga:

1. El documento final de la práctica (memoria justificativa con los desarrollos, los gráficos y las conclusiones en pdf).
2. Códigos Matlab que resuelven el problema planteado.

Referencias

- [1] Krenk, S. *Non-linear modeling and analysis of solids and structures*. Cambridge University Press, 2009.
- [2] Crisfield, M. A. *An arch-length method including line searches and accelerations*. International Journal for Numerical Methods, págs. 1269-1289.