

Análisis experimental de columnas cortas para aceros

FERRER-ALMARAZ, Miguel*†, GUANDULAY-ALCAZAR, Miguel, RAMOS-LAZARO, Gabriela y LEDESMA-JAIME, Reynaldo

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato. Carretera Valle de Santiago - Huamimaro Km. 1.2, 20 de Noviembre, 38400 Valle de Santiago, Gto.

Recibido 09 Enero, 2017; Aceptado 29 Marzo, 2017

Resumen

La presente investigación se refiere a un estudio realizado, tipo experimental sobre columnas cortas, utilizando galgas extensiométricas (Strain Gage). Las mediciones realizadas fueron a material de acero estructural, A-36. Para lo anterior se fabricó un banco de pruebas para columnas cortas, previamente se estableció la geometría necesaria de las columnas, esto de acuerdo a la teoría de las columnas. Para efectuar las mediciones de deformaciones se utilizaron galgas extensiométricas para acero. Las cargas se aplicaron con una prensa hidráulica de 30 toneladas. Además se dispuso de un sistema de adquisición de datos para la captura de la información generada; por metodología fueron efectuadas 10 mediciones para cada columna, el tipo de arreglo de soportes en las columnas fueron los siguientes: libre-empotrado, empotrado-articulado, empotrado-empotrado. Una vez generada la base de datos con las mediciones realizadas, se utilizó el método de mínimos cuadrados para la obtención de la ecuación que modelaría el comportamiento de las deformaciones ocurridas en las distintas columnas sometidas a compresión.

Columna, medición, galga, prensa, deformación

Abstract

The present investigation refers to an experimental study on short columns using Strain Gage. Measurements were made to structural steel material, A-36. For this, a test bench for short columns was fabricated; the necessary geometry of the columns was established, according to the theory of the columns. For the measurement of deformations, extensometric steel gauges were used. The loads were applied with a hydraulic press of 30 tons. In addition, a data acquisition system was available to capture the information generated; by methodology 10 measurements were made for each column, the type of arrangement of supports in the columns were as follows: free-flush, flush-flush, and flush-flush. Once the database was generated with the measurements made, the least squares method was used to obtain the equation that would model the behavior of the deformations occurred in the different columns subjected to compression.

Column, measurement, gauge, press, deformation

Citación: FERRER-ALMARAZ, Miguel, GUANDULAY-ALCAZAR, Miguel, RAMOS-LAZARO, Gabriela y LEDESMA-JAIME, Reynaldo. Análisis experimental de columnas cortas para aceros. Revista de Simulación y Laboratorio. 2017, 4-10: 22-27.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: maferrer@utsoe.edu.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El estudio de las columnas comprende diversas teorías formuladas por Leonhard Paul Euler y J.B. Johnson, mismas que se enfocan en las columnas largas y medianas, respectivamente, de esta manera es importante ampliar las investigaciones y estudios sobre las columnas de tal manera que se pueda corroborar en forma experimental parámetros importantes de uso práctico en columnas aplicadas en aceros.

El presente trabajo se enfoca al estudio de columnas de acero estructural (A-36), donde se analizará las deformaciones ocurridas al aplicarse distintas cargas. Se utilizarán galgas extensiométricas para medir las deformaciones, y aplicando la carga con una prensa hidráulica.

1.1 Justificación

El motivo para realizar la presente investigación es comprobar la teoría de columnas cortas, de manera experimental.

1.4.1 Objetivo General

Comprobar la teoría de columnas cortas mediante la aplicación de galgas extensiométricas

2. Marco Teórico

Una columna es un elemento mecánico relativamente largo y esbelto cargado a compresión. Al ser cargada axialmente la columna sufrirá una flexión hasta un determinado momento, donde podría ocurrir el llamado pandeo, es decir el punto crítico para el cual podría darse, casi en forma inmediata la falla de columna. Existen diversas teorías sobre el comportamiento de las columnas al estar sometidas a cargas axiales. Euler y J.B. Johnson desarrollaron distintas teorías para emular el comportamiento de las columnas largas y cortas respectivamente.

Para entrever que es una columna corta o larga se introduce la constante de columna, C_c , que se define de acuerdo a la ecuación 1:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \tag{1}$$

Donde E, es el modulo de elasticidad del material, y S_y es la resistencia a la cedencia del material. De igual manera se definirá una relación de esbeltez, SR, esto es:

$$SR = \frac{L_e}{r_{min}} \tag{2}$$

Aquí L_e , es la longitud efectiva, que a su vez es definido por:

$$L_e = KL \tag{3}$$

Así mismo K es la constante de fijación de los soportes de la columna, de acuerdo la figura 1. La constante K dependerá del arreglo que tenga la columna en sus extremos soportados, así mismo los posibles arreglos serán: articulado-articulado, empotrado-empotrado, empotrado-libre y empotrado – articulado.

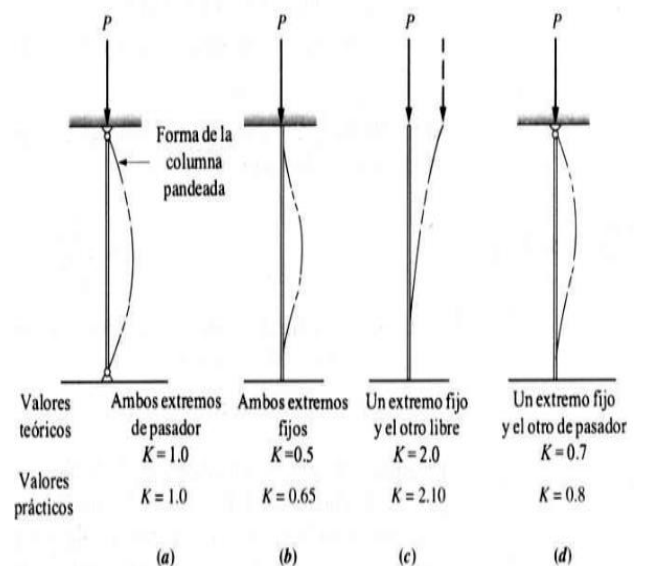


Figura 1 Constantes de fijación para columnas

Además L será la longitud inicial de la columna, así mismo se aplicará una carga P en la columna. También se encuentra el término radio de giro mínimo, r_{min} , que se define:

$$r_{min} = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (4)$$

Donde I es el momento de inercia de la sección transversal respecto a algún eje, además A , es el área de la sección trasversal de columna. De todo lo anterior se compara la razón de esbeltez, SR , con la constante de columna, Cc ; de tal manera que:

$$\text{Si } SR > Cc \quad (5)$$

Es columna larga, en caso contrario será columna corta [3]. Con todo lo anterior se calculará la carga crítica, P_{cr} , para que suceda el pandeo de la columna de acuerdo a la teoría de Euler, deberá suceder:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e} \quad (6)$$

Además si fuera columna corta se utilizará la teoría de J.B. Johnson [3]:

$$P_{cr} = AS_y \left[1 - \frac{S_y(L_e/r)^2}{4\pi^2 E} \right] \quad (7)$$

La teoría de Johnson se aplica más a columnas de mediana longitud, de tal manera que las columnas cortas se aproximan más a la ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (8)$$

Como una consecuencia de esta última ecuación se expresa la ley de Hooke:

$$\sigma = \epsilon E \quad (9)$$

3. Metodología de Investigación

El tipo de investigación a desarrollar será básica considerando la siguiente metodología a seguir:

- Análisis de la teoría de columnas y sus aplicaciones prácticas.
- Utilización de un banco experimental para medición de deformaciones a compresión.
- Aplicación de cargas a compresión con una prensa hidráulica.
- Aplicación de galgas extensiométricas a columnas cortas para medir deformaciones.
- Modelación de una curva de acuerdo a los resultados obtenidos.
- Análisis de resultados.

3.1 Desarrollo

Para realizar las mediciones se aplicaron distintas cargas con una prensa hidráulica de 30 toneladas, utilizando una columna de dimensiones: Largo 37 mm, sección transversal 5mm x 25 mm; con material de acero estructural, A-36. Y utilizando el criterio de columna larga-corta (5), resultaría columna corta con las condiciones anteriores.

Todo lo anterior montado en un banco de pruebas para columnas cortas. Además las columnas tendrá los siguientes arreglos en los soportes extremos: libre-empotrado, empotrado-articulado, empotrado-empotrado; como se muestra en la figura 2.



Figura 2 Prueba a columnas con prensa hidráulica

Además para medir las deformaciones se utilizará galgas extensiométricas (Strain gage), para el material acero, con resistencia de 120 ohms, gage factor de 2.14. Para la adquisición de datos del sistema se utilizará el Instrunet i555, figura 2. Se realizaron 10 mediciones de deformaciones en microdeformaciones, Las cargas aplicadas en kN, fueron a partir de 1 kN, por intervalos de 0.5 kN.

4. Resultados

Al aplicarse las mediciones al sistema implementado se obtuvieron los siguientes resultados: Para soporte libre-empotrado, se realizaron 10 mediciones a distintos valores de carga, tal como se muestra la tabla 1.

Carga aplicada, kN	Microdeformaciones
1	-854.5
1.5	-888.3
2	-945.7
2.5	-967.9
3	-982.9
3.5	-993.5
4	-992.1
4.5	-1012.7
5	-1051.8
5.5	-1111.5

Tabla 1 Mediciones en columnas soportadas de modo libre-empotrado

Y además utilizando el método de mínimos cuadrados se obtiene la ecuación característica , Grafico 3.

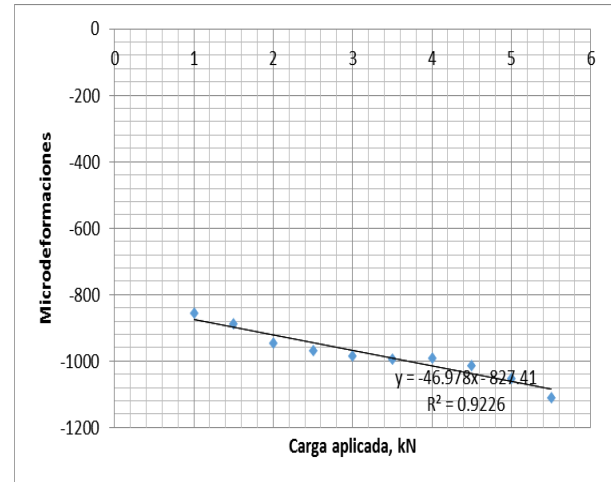


Grafico 3 Gráfica del comportamiento de columna libre-empotrado, método mínimos cuadrados

Tambien se midió una columna con arreglo empotrado-articulado, ver tabla 2.

Carga aplicada, kN	Microdeformaciones
1	-416.1
1.5	-413.2
2	-421.6
2.5	-434.2
3	-460.7
3.5	-477.4
4	-490.6
4.5	-578
5	-632.6
5.5	-643.8

Tabla 2 Medición de deformación en columna con arreglo empotrado-articulado

Así mismo aplicando el método se mínimos cuadrados para obtener la ecuación caracterisca, modelando así su comportamiento. Ver grafico 4.

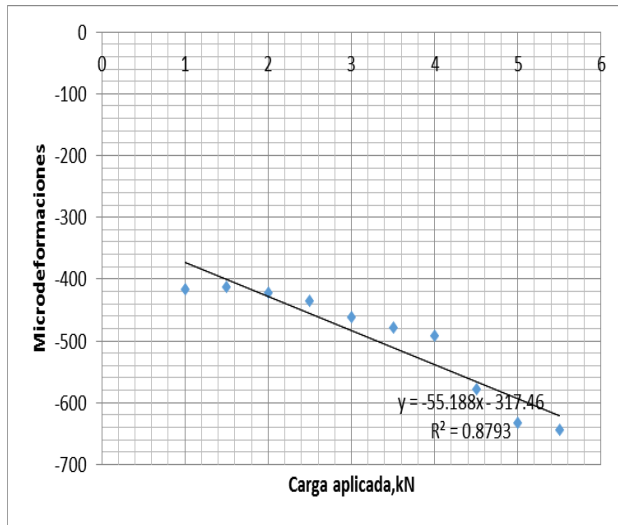


Gráfico 4 Gráfica del comportamiento de columna empotrado-articulada, método mínimos cuadrados.

Por último se midió una columna con arreglo empotrado-empotrado, ver tabla 3.

Carga aplicada, kN	Microdeformaciones
1	-407.6
1.5	-403.1
2	-406
2.5	-407.6
3	-399.5
3.5	-400.1
4	-406
4.5	-437.1
5	-503.6
5.5	-1623.4

Tabla 3. Medición de deformación en columna con arreglo empotrado-empotrado.

De igual manera se aplicó el método de mínimos cuadrados para modelar el comportamiento en cuanto a deformaciones de la columna. Ver gráfico 3.

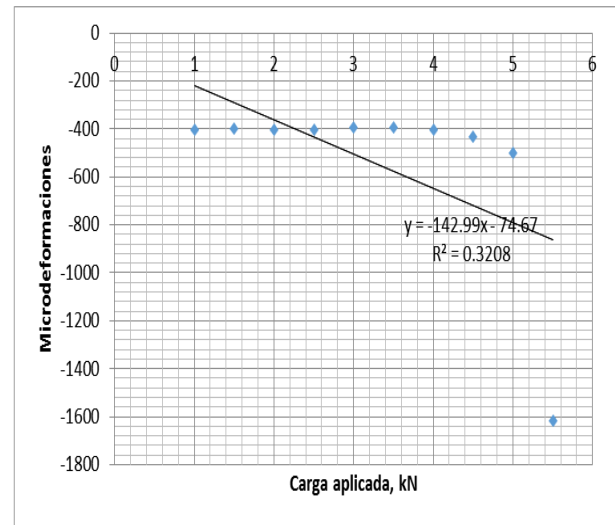


Gráfico 5 Gráfica del comportamiento de columna empotrado-empotrado, método mínimos cuadrados

5. Conclusiones

Realizando el análisis de los resultados obtenidos se puede visualizar que la columna con arreglo de soportes libre-empotrado, presenta un coeficiente de correlación, R^2 , con un valor de 0.9226, es decir la dispersión entre los valores es cercano a la linealidad. Así mismo en cuanto al arreglo de columna empotrado-articulada, el coeficiente de correlación es del orden 0.8793, en este caso la tendencia se acerca a la linealidad.

Por último el arreglo de columna empotrado-empotrado se presenta una distorsión muy grande en sus valores, con un coeficiente de correlación de 0.3208, lo cual podría indicar un desperfecto en el material utilizado. En dos de los tres casos se puede visualizar una linealidad en el comportamiento de la deformación en la columna corta, tal como lo predice la ley de Hooke (9).

6. Referencias

- [1] Wang, Y.C. Davies J.M. (2003). An experimental study of non-sway loaded and rotationally restrained steel column assemblies under fire conditions: Analysis of test results and design calculations, Elsevier, Volume 59, Issue 3, Pages 291-313
- [2] Mott R., (2006), Diseño de elementos de Máquinas, Pearson, México
- [3] Mott R., (2009), Resistencia de materiales, Pearson, México
- [4] Ferrer, M. A. (2015) Caracterización de una grúa viajera, Academia Journals, Volumen 6, No.5, 1431-1432
- [5] Ferrer, M. A. (2014) Diseño de máquina de vibraciones para pruebas a contenedores transportables, Academia Journals, Volumen 6, No.5, 1431-1432
- [6] Beer, F., Johnston E. (2010), Mecánica de materiales, Mc Graw Hill, México