

Wood structures: stiffness and strength

Estructuras de madera: rigidez y resistencia

(Record S.J. 1914. *The mechanical properties of wood*. Yale University
http://www.gutenberg.org/files/12299/12299-h/12299-h.htm#l_07)

Stiffness of Beams

The two main requirements of a beam are stiffness and strength. The formulæ for the *modulus of elasticity* (E) or measure of stiffness of a rectangular prismatic simple beam loaded at the centre and resting freely on supports at either end is:

$$E = \frac{P' l^3}{4 D b h^3}$$

b = breadth or width of beam, inches.

h = height or depth of beam, inches.

l = span (length between points of supports) of beam, inches.

D = deflection produced by load P' , inches.

P' = load at or below elastic limit, pounds.

From this formulæ it is evident that for rectangular beams of the same material, mode of support, and loading, the deflection is affected as follows:

(1) It is inversely proportional to the width for beams of the same length and depth. If the width is tripled the deflection is one-third as great.

(2) It is inversely proportional to the cube of the depth for beams of the same length and breadth. If the depth is tripled the deflection is one twenty-seventh as great.

Rigidez de vigas

Los dos principales requisitos para una viga son la rigidez y la resistencia. La fórmula del *módulo de elasticidad* (E) o medida de la rigidez de una viga simple prismática rectangular cargada en su centro y apoyada libremente en los extremos es:

$$E = \frac{P' l^3}{4 D b h^3}$$

b = anchura de la viga, pulgadas.

h = canto de la viga, pulgadas.

l = luz (longitud entre apoyos) de la viga, pulgadas.

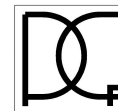
D = flecha generada por la carga P' , pulgadas.

P' = carga en el límite elástico o por debajo de él, libras.

De esta fórmula resulta evidente que para vigas rectangulares del mismo material, tipo de apoyos y carga, la flecha dependerá de los siguientes factores:

(1) Es inversamente proporcional a la anchura para vigas de la misma longitud y canto. Si se triplica la anchura la flecha será 3 veces menor.

(2) Es inversamente proporcional al cubo del canto para vigas de la misma longitud y anchura. Si se triplica el canto, la flecha será 27 veces menor.



(3) It is directly proportional to the cube of the span for beams of the same breadth and depth. Tripling the span gives twenty-seven times the deflection.

The number of pounds which concentrated at the centre will deflect a rectangular prismatic simple beam one inch may be found from the preceding formulæ by substituting $D = 1''$ and solving for P' . The formulæ then becomes:

$$\text{Necessary weight } (P') = \frac{4 E b h^3}{l^3}$$

In this case the values for E are read from tables prepared from data obtained by experimentation on the given material.

Strength of Beams

The measure of the breaking strength of a beam is expressed in terms of unit stress by a *modulus of rupture*, which is a purely hypothetical expression for points beyond the elastic limit. The formulæ used in computing this modulus is as follows:

$$R = \frac{1.5 P l}{b h^2}$$

b, h, l = breadth, height, and span, respectively, as in preceding formulæ.

R = modulus of rupture, pounds per square inch.

P = maximum load, pounds.

In calculating the fibre stress at the elastic limit the same formulæ is used except that the load at elastic limit (P_1) is substituted for the maximum load (P).

(3) Es directamente proporcional al cubo de la luz para vigas de idéntica anchura y canto. Si se multiplica por tres la luz, la flecha será 27 veces mayor.

El peso (expresado en libras) que concentrado en el centro de una viga simple prismática rectangular provocará una flecha de una pulgada se puede hallar a partir de esta fórmula, con $D = 1''$ y despejando P' . La fórmula resulta así:

$$\text{Peso necesario } (P') = \frac{4 E b h^3}{l^3}$$

En este caso los valores de E se toman de tablas que recogen datos experimentales para un material dado.

Resistencia de vigas

La medida de la resistencia a la rotura de una viga se expresa en términos de esfuerzo unitario con el *módulo de rotura*, una expresión puramente hipotética para puntos más allá del límite elástico. La fórmula usada para calcular este módulo es:

$$R = \frac{1,5 P l}{b h^2}$$

b, h, l = anchura, canto y luz, respectivamente como en la fórmula anterior.

R = módulo de rotura, libras por pulgada cuadrada.

P = carga máxima, libras.

Al calcular los esfuerzos en las fibras en el límite elástico, se usa la misma fórmula sustituyendo la carga en el límite elástico (P_1) por la carga máxima (P).



From this formulæ it is evident that for rectangular prismatic beams of the same material, mode of support, and loading, the load which a given beam can support varies as follows:

(1) It is directly proportional to the breadth for beams of the same length and depth, as is the case with stiffness.

(2) It is directly proportional to the square of the height for beams of the same length and breadth, instead of as the cube of this dimension as in stiffness.

(3) It is inversely proportional to the span for beams of the same breadth and depth and not to the cube of this dimension as in stiffness.

The fact that the strength varies as the *square* of the height and the stiffness as the *cube* explains the relationship of bending to thickness. Were the law the same for strength and stiffness a thin piece of material such as a sheet of paper could not be bent any further without breaking than a thick piece, say an inch board.

Kinds of Loads

There are various ways in which beams are loaded, of which the following are the most important:

(1) **Uniform load** occurs where the load is spread evenly over the beam.

(2) **Concentrated load** occurs where the load is applied at single point or points.

(3) **Live or immediate load** is one of momentary or short duration at any one point, such as occurs in crossing a bridge.

(4) **Dead or permanent load...**

De esta fórmula resulta evidente que en el caso de vigas prismáticas rectangulares del mismo material, tipo de apoyo y carga, la carga que puede soportar una viga en concreto:

(1) Es directamente proporcional a la anchura para vigas de la misma longitud y canto (como la rigidez).

(2) Es directamente proporcional al cuadrado del canto para vigas con idéntica longitud y anchura, en vez de variar con el cubo de esta dimensión como la rigidez.

(3) Es inversamente proporcional a la luz para vigas con la misma anchura y canto, no sigue una ley cúbica como la rigidez.

El hecho de que la resistencia varíe con el *cuadrado* del canto y la rigidez con el *cubo* explica la relación entre flexión y grosor. Si la función fuera la misma para la rigidez y la resistencia, una hoja de papel no se podría doblar sin romperse más de lo que puede hacerlo por ejemplo un tablero de una pulgada de grosor.

Tipos de cargas

Hay distintas formas de cargar una viga, las siguientes son las más destacadas:

(1) **Carga uniforme:** la distribuida de manera homogénea en la viga.

(2) **Carga concentrada:** la que se da cuando la carga se aplica en puntos concretos.

(3) **Carga viva o inmediata:** la instantánea o de breve duración en un punto cualquiera, como las generadas al cruzar un puente.

(4) **Carga muerta o permanente...**