

Unidad 04. Esfuerzos causados por la flexión

Diseño por flexión y esfuerzos cortantes en vigas

Michael Heredia Pérez
mherediap@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia sede Manizales
Departamento de Ingeniería Civil
Análisis Estructural Básico

2023b



Advertencia

Estas diapositivas son solo una herramienta didáctica para guiar la clase, por si solas no deben tomarse como material de estudio y el estudiante debe dirigirse a la literatura recomendada.



Derrotero

- 5.6. Diseño de vigas por esfuerzos de flexión
- 5.8. Esfuerzos cortantes en vigas de sección rectangular
- 5.9. Esfuerzos cortantes en vigas de sección circular
- 5.10. Esfuerzos cortantes en el alma de vigas con alas
- 5.11. Flujo de cortante

Derrotero

- 5.6. Diseño de vigas por esfuerzos de flexión
- 5.8. Esfuerzos cortantes en vigas de sección rectangular
- 5.9. Esfuerzos cortantes en vigas de sección circular
- 5.10. Esfuerzos cortantes en el alma de vigas con alas
- 5.11. Flujo de cortante

Diseño de vigas por esfuerzos de flexión

Desde el punto de vista de la resistencia, buscamos la **forma** y **tamaño** de la viga tal que los esfuerzos actuantes en ella no excedan el esfuerzo admisible del material. Buscaremos el requerido módulo de la sección, según sea su simetría geométrica y comportamiento:

Caso 1: simétrico

- Secciones doblemente simétricas y con la misma resistencia a tracción que a compresión:

$$S = \frac{M_{\text{máx}}}{\sigma_{\text{allow}}}.$$

- Debemos elegir una viga que proporcione un módulo de sección al menos tan grande como el obtenido a partir de la ecuación.

Caso 2: asimétrico

- Secciones que no son doblemente simétricas y que su resistencia a tracción y a compresión es diferente.
- Debemos calcular S para cada comportamiento, buscando cumplir con una viga que satisfaga ambos criterios.

Vigas de secciones y formas estandar

Las dimensiones y propiedades de vigas en materiales metálicos y maderas, así como su procedimiento de diseño, están regulados por diferentes instituciones de autoridad en el mundo, algunas de ellas son:

Estructuras metálicas

- *National Structural Steelwork Specification*, The British Constructional Steelwork Association, UK.
- *Steel Construction Manual*, AISC American Institute of Steel Construction, United States.
- *Eurocode 3*, Europa.
- *Reglamento Colombia de Construcción Sismo resistente NSR-10, título F: estructuras metálicas.*

Estructuras de madera

- *National Design Specification for Wooden Construction*, United States.
- *Eurocode 5*, Europa.
- *Reglamento Colombia de Construcción Sismo resistente NSR-10, título G: estructuras de madera y estructuras de guadua.*

Vigas de secciones y formas estandar

Un vistazo al manual del AISC para estructuras metalicas

1-16

DIMENSIONS AND PROPERTIES

Table 1-1 (continued)
W-Shapes
Dimensions

Shape	Area, in. ²	Depth, d in.	Web		Flange		Distance						
			Thickness, t_w in.	Thickness, t_f in.	Width, b_f in.	Thickness, t_f in.	k in.	k in.	T in.	Work- able Gage in.			
W30x261	115	33.2	1.36	1 1/8	15 1/2	15 1/2	2.44	2 1/4	3.23	3 1/8	1 1/2	26 1/2	5 1/2
<x261	109	32.8	1.34	1 1/8	15 1/2	15 1/2	2.24	2 1/4	3.03	3 1/8	1 1/2		
<x260	95.9	32.4	1.34	1 1/8	15 1/2	15 1/2	2.05	2 1/4	2.84	2 1/4	1 1/2		
<x260	92.0	32.0	1.32	1 1/8	15 1/2	15 1/2	1.85	2 1/4	2.64	2 1/4	1 1/2		
<x261	77.0	31.6	1.30	1.830	15 1/2	15 1/2	1.65	2 1/4	2.44	2 1/4	1 1/2		
<x255	69.3	31.2	1.27	1.830	15 1/2	15 1/2	1.50	2 1/4	2.29	2 1/4	1 1/2		
<x211	62.3	30.9	1.1	1.775	15 1/2	15 1/2	1.32	2 1/4	2.10	2 1/4	1 1/2		
<x191	56.1	30.7	1.07	1.710	15 1/2	15 1/2	1.10	2 1/4	1.87	2 1/4	1 1/2		
<x173	50.9	30.4	1.05	1.655	15 1/2	15 1/2	1.07	2 1/4	1.65	2 1/4	1 1/2		
W30x148	43.6	30.7	1.05	1.650	15 1/2	15 1/2	1.18	1.63	2 1/4	1 1/2	26 1/2	5 1/2	
<x132	38.8	30.3	1.03	1.615	15 1/2	15 1/2	1.00	1.65	1 1/2	1 1/2			
<x124	36.5	30.2	1.03	1.585	15 1/2	15 1/2	1.00	1.58	1 1/2	1 1/2			
<x110	34.2	30.0	1.0	1.565	15 1/2	15 1/2	1.00	1.56	1 1/2	1 1/2			
<x108	31.7	29.9	1.0	1.545	15 1/2	15 1/2	1.00	1.41	1 1/2	1 1/2			
<x99	29.0	29.7	1.0	1.520	15 1/2	15 1/2	1.00	1.32	1 1/2	1 1/2			
<x90	26.3	29.5	1.0	1.470	15 1/2	15 1/2	1.00	1.26	1 1/2	1 1/2			
W27x328	159	32.5	1.37	2	15 1/2	15 1/2	3.54	4.33	4 1/8	1 1/2	22 1/2	5 1/2	
<x309	159	32.4	1.38	1 1/2	15 1/2	15 1/2	3.40	4.28	4 1/8	1 1/2			
<x309	99.2	30.0	1.26	1 1/2	14.8	14.8	2.28	3.07	3 1/8	1 1/2			
<x307	90.2	29.6	1.26	1 1/2	14.4	14.4	2.09	2.88	3	1 1/2			
<x281	83.3	29.3	1.26	1 1/2	14.4	14.4	1.83	2.72	2 1/2	1 1/2			
<x280	76.1	29.0	1.2	1.980	14.3	14.3	1.77	2.56	2 1/2	1 1/2			
<x235	68.4	28.7	1.20	1.910	14.2	14.2	1.61	2.40	2 1/2	1 1/2			
<x217	63.9	28.4	1.20	1.830	14.1	14.1	1.50	2.29	2 1/2	1 1/2			
<x194	57.1	28.1	1.20	1.750	14.0	14.0	1.34	2.13	2 1/2	1 1/2			
<x178	52.5	27.8	1.20	1.725	14.0	14.0	1.19	1.98	2 1/2	1 1/2			
<x161	47.6	27.6	1.20	1.660	14.0	14.0	1.08	1.87	2	1 1/2			
<x146	43.2	27.4	1.20	1.605	14.0	14.0	0.975	1.76	1 1/2	1 1/2			
W27x129	37.8	27.6	1.20	1.610	14.0	14.0	1.10	1.70	2	1 1/2	22 1/2	5 1/2	
<x114	33.6	27.3	1.20	1.570	14.0	14.0	1.00	1.63	1 1/2	1 1/2			
<x102	30.0	27.1	1.20	1.515	14.0	14.0	0.90	1.43	1 1/2	1 1/2			
<x94	27.6	26.9	1.20	1.490	14.0	14.0	0.745	1.34	1 1/2	1 1/2			
<x84	24.7	26.7	1.20	1.460	14.0	14.0	0.640	1.24	1 1/2	1 1/2			

* Shape is slender for compression with $F_y = 50$ ksi.
* The actual size, composition and orientation of filler components should be compared with the geometry of the cross section to ensure compatibility.
* Flange thickness greater than 2 in. Special requirements may apply per AISC Specification Section A3.3.
* Shape does not meet the b_f/t_f limit for shear in AISC Specification Section G2.3.1a with $F_y = 50$ ksi.

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

DIMENSIONS AND PROPERTIES

1-17

Table 1-1 (continued)
W-Shapes
Properties

Nominal WT	Compact Section Dimensions				Axis X-X				Axis Y-Y				Torsional Properties	
	b_f in.	t_f in.	t_w in.	r in.	I_x in. ⁴	S_x in. ³	r_x in.	I_y in. ⁴	S_y in. ³	r_y in.	J in. ⁴	C_w in. ⁶		
381	31.9	19.7	20.00	12.50	13.4	14.50	15.50	198	3.67	3.0	4.57	30.8	173	360000
357	34.0	21.6	18.00	11.40	13.3	13.20	13.90	179	3.64	2.79	4.31	26.6	134	340000
326	37.5	23.4	16.00	10.40	13.2	11.90	12.40	162	3.60	2.52	4.26	24.4	105	267000
292	41.2	26.2	14.00	9.00	13.2	10.80	11.00	144	3.58	2.23	4.22	20.2	75.2	250000
261	43.0	28.7	13.00	8.29	13.1	9.43	9.59	127	3.53	1.96	4.16	16.0	54.1	215000
235	45.0	32.2	11.00	7.48	13.0	8.67	8.95	114	3.51	1.75	4.13	14.6	46.3	180000
211	57.4	34.5	10.00	6.65	12.9	7.51	7.57	100	3.49	1.55	4.11	12.6	28.4	168000
191	62.0	37.7	9.00	6.00	12.8	6.75	6.73	88.5	3.46	1.38	4.06	10.5	21.0	146000
173	70.4	40.8	8.25	5.41	12.7	6.07	5.96	79.8	3.42	1.23	4.03	9.5	15.6	129000
144	44.4	41.6	6.60	4.36	12.4	5.00	5.27	43.3	3.39	0.80	3.77	5.85	14.5	49400
132	52.7	43.9	5.70	3.80	12.2	4.37	4.67	37.2	3.25	0.84	3.75	5.83	9.72	42100
124	65.6	46.2	5.00	3.55	12.1	4.08	4.81	34.4	3.23	0.40	3.73	5.83	7.99	38600
116	67.1	47.8	4.60	3.29	12.0	3.78	4.94	31.3	3.19	0.42	3.70	5.82	6.43	34900
108	68.4	49.6	4.40	2.99	11.9	3.46	4.46	27.9	3.15	0.43	3.67	5.80	4.99	30900
99	7.86	51.9	3.90	2.69	11.7	3.12	4.26	24.5	3.10	0.36	3.62	5.80	3.77	26800
90	8.52	57.5	3.60	2.45	11.7	2.83	4.15	22.1	3.09	0.34	3.60	5.80	2.84	24000
539	21.5	123	25.00	15.70	12.7	18.00	21.10	277	3.60	4.37	4.41	29.0	406	443000
569	23.6	17.3	16.00	12.60	12.2	16.40	17.9	3.46	4.279	1.70	4.15	27.9	170	253000
336	31.9	18.9	14.00	9.72	12.1	11.30	11.80	162	3.45	2.52	4.10	27.7	131	201000
387	34.6	20.6	13.00	8.87	12.0	10.80	10.90	146	3.41	2.27	4.04	27.5	101	190000
281	37.2	22.5	11.00	8.14	12.0	9.36	9.53	123	3.39	2.06	4.02	27.4	78.5	178000
258	40.0	24.4	10.00	7.45	11.9	8.62	8.99	120	3.38	1.87	3.98	27.2	61.6	158000
235	44.1	26.2	9.00	6.77	11.8	7.72	7.99	108	3.33	1.68	3.92	27.1	47.0	143000
217	47.1	28.7	8.00	6.07	11.8	7.11	7.04	100	3.32	1.54	3.89	26.9	37.6	128000
194	52.6	31.8	7.00	5.63	11.7	6.37	6.31	88.1	3.29	1.38	3.85	26.8	27.1	113000
178	55.0	32.9	7.00	5.65	11.6	5.70	5.65	78.8	3.25	1.22	3.83	26.6	20.1	96400
161	60.6	36.1	6.00	4.94	11.5	5.15	4.97	70.9	3.23	1.09	3.79	26.5	15.1	87300
146	71.4	38.4	5.00	4.14	11.5	4.64	4.43	63.5	3.20	0.77	3.76	26.4	11.5	77200
129	45.5	38.7	4.00	3.45	11.2	3.95	3.94	56.8	3.21	0.76	3.66	26.3	11.1	52500
114	54.1	42.5	4.00	2.99	11.0	3.43	3.59	31.5	3.18	0.43	3.63	26.4	7.33	27600
102	63.0	47.1	3.60	2.67	11.0	3.05	3.39	27.8	3.15	0.44	3.62	26.3	5.28	24000
94	70.0	49.5	3.20	2.43	10.9	2.78	3.24	24.8	3.12	0.40	3.59	26.2	4.02	21300
84	77.0	52.7	2.80	2.13	10.7	2.44	3.06	21.2	3.07	0.32	3.54	26.1	2.81	17900

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

Figura: Recorte del Steel Construction Manual, AISC.

Vigas de secciones y formas estandar

Un vistazo a la norma NSR-10 para estructuras metalicas

NSR-10 – Capítulo F.5 – Estructuras de aluminio			
Tabla F.5.4.7-2 Parámetros de pandeo torsional para miembros a compresión			
1		$p \leq 5$	$\lambda_0 = \lambda_1 = 5B/(1 - 0.6p^{1/2})(H/\lambda_1)^{1/2}$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = 0.6$
2		$p \leq 5$ $1 \leq w \leq 2.5$	$\lambda_0 = \lambda_1 - (w-1)[2(w-1)^2 - 1.5p]$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = 0.6$
3		$p \leq 5$ $1 \leq w \leq 2.5$	$\lambda_0 = 66$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = 0.6$
4		$p \leq 5$ $0.5 \leq B/D \leq 1.0$	$\lambda_0 = (H/\lambda_1)[4.1 + 0.5(B/D)^2] - 0.6p^{1/2}(H/\lambda_1)^{1/2}$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = 0.6 - 0.4(1 - B/D)^2$
5		$p \leq 5$ $0.5 \leq B/D \leq 1.0$	$\lambda_0 = \lambda_1 + 1.5p(w-1) - 2(w-1)^2$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = X_1$
6		$p \leq 5$ $0.5 \leq B/D \leq 1.0$	$\lambda_0 = 37$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = 0.60$
7		$p \leq 3.5$	$\lambda_0 = 5.1B/(1 - p^{1/2})(H/\lambda_1)^{1/2}$ $X = 1$
8		$p \leq 5$ $0.5 \leq B/D \leq 2.0$	$\lambda_0 = \lambda_1 = (H/\lambda_1)[4.4 + 1.1(B/D)^2] - 0.7p^{1/2}(H/\lambda_1)^{1/2}$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = \lambda_0 - 1.1 - 0.3B/H$
9		$p \leq 5$ $0.5 \leq B/D \leq 2.0$	$\lambda_0 = \lambda_1 + 1.5p(w-1) - 2(w-1)^2$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = X_1$
F-493			
NSR-10 – Capítulo F.5 – Estructuras de aluminio			
Tabla F.5.4.7-2 (continuación) Parámetros de pandeo torsional para miembros a compresión			
10		$p \leq 5$ $0.5 \leq B/D \leq 2.0$	$\lambda_0 = 78$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = 0.33$
11		$p \leq 5$ $0.5 \leq B/D \leq 2.0$	$\lambda_0 = 68$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = 0.76$
12		$p \leq 5$ $0.5 \leq B/D \leq 2.0$	$\lambda_0 = 63$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = 0.89$
13		$p \leq 5$ $0.5 \leq B/D \leq 2.0$	$\lambda_0 = (H/\lambda_1)[1.4 + 1.5(B/D)^2] - p^{1/2}(H/\lambda_1)^{1/2}$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = 1.3 - 0.8B/D + 0.2(B/H)^2$
14		$p \leq 5$ $0.5 \leq B/D \leq 2.0$	$\lambda_0 = 65$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = 0.78$
15		$p \leq 5$ $0.5 \leq B/D \leq 2.0$	$\lambda_0 = (H/\lambda_1)[7 + 1.5(B/D)^2] - p^{1/2}(H/\lambda_1)^{1/2}$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = 0.35B/H - 0.04(B/H)^2$ $Y = 0.14 - 0.02B/H - 0.02C/H$
16		$p \leq 5$ $0.5 \leq B/D \leq 2.0$	$\lambda_0 = (H/\lambda_1)[7 + 1.5(B/D)^2] - p^{1/2}(H/\lambda_1)^{1/2}$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = 0.35B/H - 0.04(B/H)^2 - 0.25C/B$ $Y = 0.12 - 0.02B/H + 0.4(C/B)^2/(B/H - 0.5)$
17		$p \leq 5$ $0.5 \leq B/D \leq 2.0$	$\lambda_0 = (H/\lambda_1)[7 + 1.5(B/D)^2] - p^{1/2}(H/\lambda_1)^{1/2}$ $\lambda = \lambda_0/\lambda_1$ $X = 0.35B/H - 0.04(B/H)^2$ $Y = 0.12 - 0.02B/H + 0.05(C/B)^2/(B/H - 0.5)$
F-494			

Figura: Recorte del título F de la NSR-10.

Eficiencia relativa de distintas formas de vigas

Desde el punto de vista de la resistencia, la eficiencia en vigas depende principalmente de la forma de la sección transversal. **La forma más eficiente es aquella en la cual el material está localizado lo más lejos posible del eje neutro.**

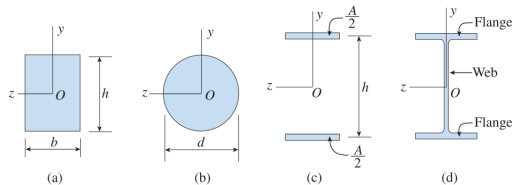


Figura: Diferentes secciones transversales de vigas.

Sección cuadrada:

$$S_{\text{cuadrado}} = \frac{h^3}{6}$$

$$= 0,1160d^3$$

Sección circular

$$S_{\text{circulo}} = \frac{\pi d^3}{32}$$

$$= 0,0982d^3$$

Sección ideal:

$$I = 2 \frac{A}{2} \left(\frac{h}{2} \right)^2 = \frac{Ah^2}{4}$$

$$S = \frac{1}{h/2} = 0,5Ah$$

Sección tipo I:

$$S \approx 0,35Ah$$

Ejemplo de clase

Example 5-5

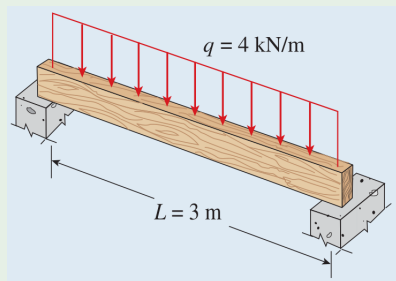


Figura: Viga de madera simplemente apoyada.

Una viga simplemente apoyada de madera tiene una luz de 3 m y soporta una carga uniformemente distribuida de 4 kN/m. El esfuerzo admisible a flexión es de 12 MPa, la madera pesa 5.4 kN/m^3 , y la viga está soportada lateralmente frente a pandeo (*buckling*) o vuelco (*tipping*). Seleccione una sección adecuada de la tabla en el apéndice F de Gere and Goodno (2012).

Estudio autónomo de la sección

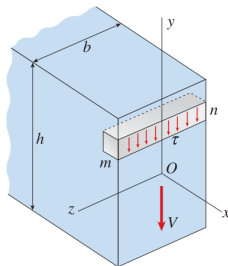
Ejercicios recomendados

- Todos los ejemplos de la sección
- 5.6-5
- 5.6-12
- 5.6-17

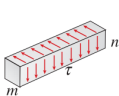
Derrotero

- 5.6. Diseño de vigas por esfuerzos de flexión
- 5.8. Esfuerzos cortantes en vigas de sección rectangular
- 5.9. Esfuerzos cortantes en vigas de sección circular
- 5.10. Esfuerzos cortantes en el alma de vigas con alas
- 5.11. Flujo de cortante

Esfuerzos cortantes verticales y horizontales



(a)



(b)



(c)

Hipótesis de análisis

1. Los esfuerzos cortantes τ actuantes en la sección transversal son paralelos a la fuerza cortante V , es decir, paralelos a los lados de la sección transversal.
2. Los esfuerzos cortantes τ están uniformemente distribuidos en el espesor b de la sección, aunque pueden variar en la altura.
3. Las superficies superior e inferior no estarán sometidas a esfuerzos cortantes, en otras palabras, $\tau = 0$ cuando $y = \pm h/2$.

Figura: Esfuerzos cortantes en una viga de sección rectangular

Fórmula del cortante

Estando en un estado de flexión no uniforme, se generan fuerzas cortantes en la sección, generando esfuerzos cortantes verticales y horizontales de igual magnitud, así que calculando los horizontales se da respuesta a los verticales.

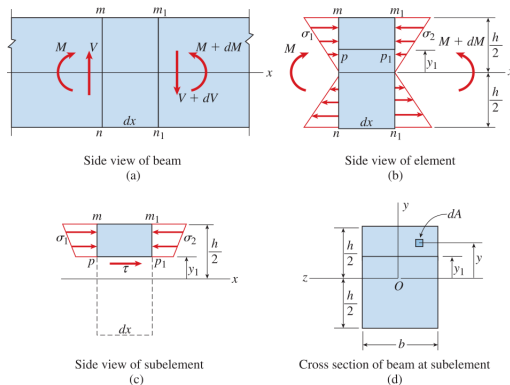


Figura: Esfuerzos cortantes en una viga de sección rectangular

Fórmula del cortante

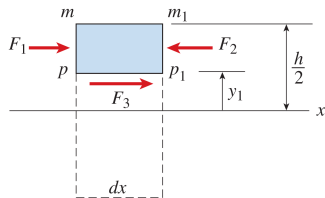


Figura: Diagrama de cuerpo libre parcial de un subelemento mostrando todas las fuerzas horizontales.

Análisis:

- Las resusltantes de los esfuerzos normales por flexión en el elemento:

$$F_1 = \int \frac{My}{I} dA \quad F_2 = \int \frac{(M + dM)y}{I} dA.$$

- Del equilibrio horizontal en la sección transversal:

$$F_3 = \frac{dM}{I} \int y dA.$$

- Bajo la hipótesis de que τ está uniformemente distribuido en el espesor:

$$F_3 = \tau b dx$$

- Igualando, y sabiendo que $dM(x)/dx = V(x)$:

$$\tau = \frac{V}{Ib} \int y dA.$$

Fórmula del cortante

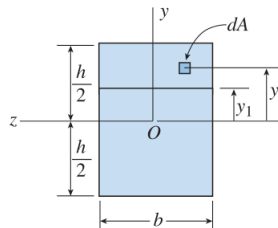


Figura: Subelemento en la sección transversal analizada de una viga.

- La integral es el primer momento de área del trozo de sección transversal sobre el nivel al cual se quiere calcular el esfuerzo cortante:

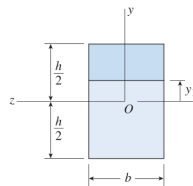
$$Q = \int y dA.$$

- La fórmula del cortante:

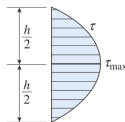
$$\tau = \frac{VQ}{Ib}.$$

Observación: el primer momento de área Q varía con la distancia y_1 desde el eje neutro, igualmente lo hará el esfuerzo cortante τ .

Cálculo del primer momento de área Q



(a)



(b)

- Si lo calculamos por “geometría de bloques”:

$$Q = b \left(\frac{h}{2} - y_1 \right) \left(y_1 + \frac{h/2 - y_1}{2} \right) = \frac{b}{2} \left(\frac{h^2}{4} - y_1^2 \right).$$

- Si lo calculamos resolviendo la integral:

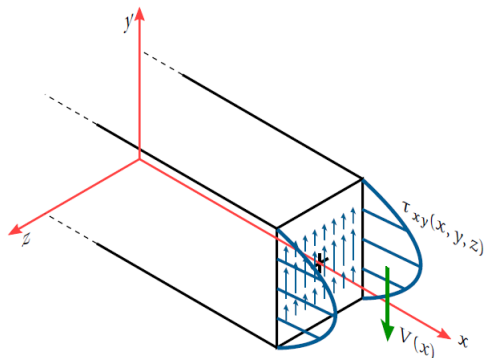
$$Q = \int_{y_1}^{h/2} y b \, dy = \frac{b}{2} \left(\frac{h^2}{4} - y_1^2 \right).$$

- En todo caso, reemplazando en la fórmula de cortante:

$$\tau = \frac{V}{2I} \left(\frac{h^2}{4} - y_1^2 \right)$$

Figura: Distribución de los esfuerzos cortantes en una viga de sección rectangular: (a) sección transversal de la viga y (b) diagrama que muestra la distribución parabólica de esfuerzos cortantes en la altura de la viga.

Interpretación de las ecuaciones derivadas



- El esfuerzo cortante es nulo en $y_1 = \pm h/2$.
- El máximo esfuerzo cortante ocurre en el eje neutro ($y_1 = 0$) donde Q alcanza su máximo, así:

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{3}{2} \frac{V}{A}.$$

Figura: Los esfuerzos cortantes, en el caso de una viga de sección rectangular, varían de forma parabólica con respecto al eje y . La fuerza cortante es positiva cuando la resultante de los esfuerzos cortantes τ_{xy} mostrados apunta en la dirección contraria al eje y . Tomado de [Álvarez \(2024\)](#).

Limitaciones en el cálculo del esfuerzo cortante con la formulación planteada

Fórmula del cortante (*Shear formula*)

$$\tau = \frac{VQ}{Ib}$$

1. Ecuaciones válidas para vigas de material elástico lineal con pequeñas deflexiones.
2. En el caso de secciones rectangulares, la precisión de la fórmula del cortante depende de la relación altura-ancho de la sección. Cuando $h/b \rightarrow 1$ la fórmula del cortante sobreestima el esfuerzo cortante.
3. No es aplicable a secciones circulares o semicirculares. La fórmula del cortante aplica solamente a vigas prismáticas.

Efectos de las deformaciones angulares

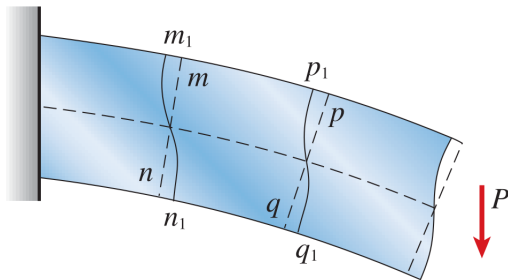


Figura: Alabeo de la sección transversal de una viga debido a las deformaciones angulares.

1. Como resultado de las deformaciones angulares, la sección transversal que antes era plana ahora se alabea. Deformación angular máxima en el eje neutro y mínima (nula) en las superficies externas, donde las curvas son perpendiculares a las mismas.
2. Elongación/contracción de los elementos longitudinales debidas a la flexión no se afectan por las deformaciones angulares, y la distribución de esfuerzos normales es la misma que en flexión pura.
3. En la mayoría de casos, es confiable usar la fórmula de la flexión para condiciones de flexión no uniforme.

Ejemplo de clase

Example 5-11

Una viga simplemente apoyada de metal con luz de 1 m soportada en los puntos A y B . La carga en la viga incluye su peso propio y tiene una intensidad de 28 kN/m . La sección transversal de la viga es rectangular de $25 \times 100 \text{ mm}$. Desprecie el pandeo lateral. Determine el esfuerzo normal y esfuerzo cortante en el punto C , a 25 mm por debajo de la parte superior de la viga y a 200 mm del apoyo en B . Muestre estos esfuerzos dibujados en un elemento de esfuerzos en el punto dado.

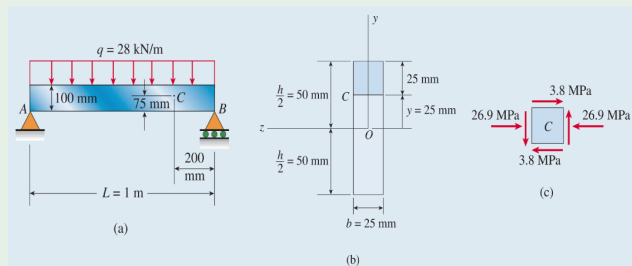


Figura: (a) Viga simple con carga uniformemente distribuida, (b) sección transversal de la viga y (c) elemento de esfuerzo mostrando los esfuerzos en el punto C .

Estudio autónomo de la sección

Ejercicios recomendados

- Todos los ejemplos de la sección
- 5.6-5
- 5.6-17

Derrotero

- 5.6. Diseño de vigas por esfuerzos de flexión
- 5.8. Esfuerzos cortantes en vigas de sección rectangular
- 5.9. Esfuerzos cortantes en vigas de sección circular
- 5.10. Esfuerzos cortantes en el alma de vigas con alas
- 5.11. Flujo de cortante

Esfuerzos cortantes en vigas de sección circular

Estudio autónomo de la sección

Ejercicios recomendados

- Todos los ejemplos de la sección
- 5.6-5
- 5.6-17

Derrotero

- 5.6. Diseño de vigas por esfuerzos de flexión
- 5.8. Esfuerzos cortantes en vigas de sección rectangular
- 5.9. Esfuerzos cortantes en vigas de sección circular
- 5.10. Esfuerzos cortantes en el alma de vigas con alas
- 5.11. Flujo de cortante

Vigas tipo I y su uso en la construcción

1. Vigas de perfiles metálicos.
2. Prefabricados para postensados
3. Alta rigidez a flexión (momento de inercia I_x)

Ejercicio

Calcule la inercia de la sección transversal de las siguientes vigas, ¿cuál ofrece mayor rigidez frente a una carga q uniformemente distribuida?

Estudio autónomo de la sección

Ejercicios recomendados

- Todos los ejemplos de la sección
- 5.6-5
- 5.6-17

Derrotero

- 5.6. Diseño de vigas por esfuerzos de flexión
- 5.8. Esfuerzos cortantes en vigas de sección rectangular
- 5.9. Esfuerzos cortantes en vigas de sección circular
- 5.10. Esfuerzos cortantes en el alma de vigas con alas
- 5.11. Flujo de cortante

Flujo de cortante

Lectura

Flujo de cortante, wikipedia, [link](#).

Estudio autónomo de la sección

Ejercicios recomendados

- Todos los ejemplos de la sección
- 5.6-5
- 5.6-17

Referencias

Gere, J. M. and Goodno, B. J. (2012). *Mechanics of materials*. Cengage learning.

Álvarez, D. A. (2024). *Teoría de la elasticidad usando Matlab y Maxima. Volumen 3: Vigas, Losas y Estabilidad elástica*. Universidad Nacional de Colombia.