



TÍTULO 4.º DIMENSIONAMIENTO Y COMPROBACIÓN

CAPÍTULO VIII

DATOS DE LOS MATERIALES PARA EL PROYECTO

Artículo 32 Datos de proyecto del acero estructural

32.1. Valores de cálculo de las propiedades del material

Se considerará como resistencia de cálculo del acero el valor f_{yk}/γ_M , siendo f_{yk} el límite elástico característico, y γ_M el coeficiente parcial para la resistencia, correspondiente al modo de rotura considerado, definido en 15.3.

Esta expresión es válida tanto para tracción como para compresión.

32.2. Diagramas tensión-deformación

Diagrama característico tensión-deformación del acero es el que se adopta como base de los cálculos, y tiene la propiedad de que los valores de la tensión presentan un nivel de confianza del 95 por 100 con respecto a los correspondientes valores obtenidos en el ensayo de tracción.

En compresión se adopta el mismo diagrama que en tracción.

Diagrama tensión-deformación de cálculo del acero es el que se deduce del diagrama característico mediante una afinidad oblicua, paralela a la recta de Hooke, de razón $1/\gamma_M$, siendo γ_M el coeficiente parcial para la resistencia de que se trate.

En esta Instrucción se utilizará el diagrama tensión-deformación bilineal, con segunda rama horizontal (figura 32.2.a), si bien, en el caso de análisis no lineal puede utilizarse como alternativa el diagrama tensión-deformación bilineal, con segunda rama inclinada (figura 32.2.b).

No obstante lo anterior, podrán emplearse otros diagramas simplificados, siempre que su uso conduzca a resultados que estén suficientemente avalados por la experiencia.

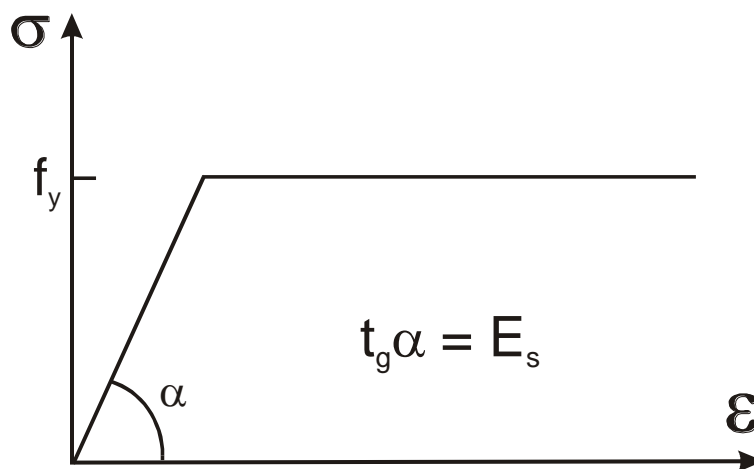


Figura 32.2.a. Diagrama tensión-deformación bilineal

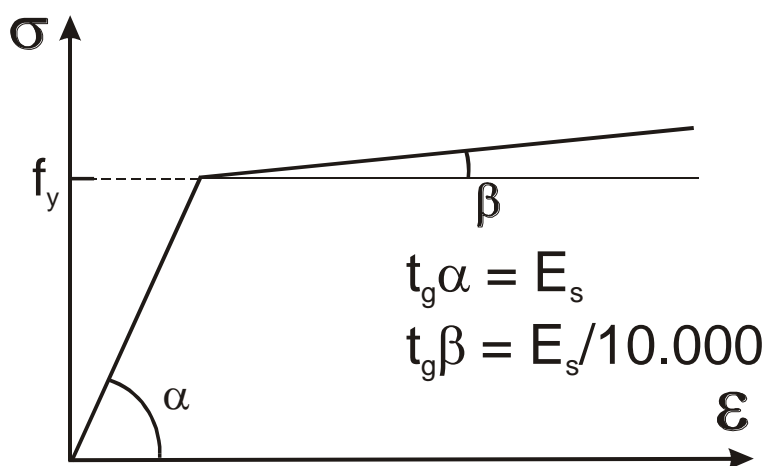


Figura 32.2.b. Diagrama tensión-deformación bilineal, con segunda rama inclinada

32.3. Tenacidad de fractura

La tenacidad de fractura de un acero define la resistencia del material a la rotura frágil, es decir, sin deformación plástica apreciable. En esta Instrucción, la tenacidad de fractura se define en términos de la resiliencia, que es la energía absorbida en un ensayo de flexión por choque sobre probeta Charpy, normalizado en UNE 7475-1.

El material deberá tener una tenacidad de fractura suficiente para evitar la rotura frágil de los elementos sometidos a tracción o flexión a la temperatura de servicio más baja que se prevea durante la vida útil de la estructura.

En ausencia de estudios rigurosos, como pueden ser los correspondientes a la aplicación de la Mecánica de Fractura, sobre las condiciones de rotura frágil del elemento, en función de la tenacidad de fractura del material, del nivel de tensión y de la temperatura mínima esperada en servicio, la tabla 32.3 da los valores máximos del espesor t del material



base que pueden utilizarse. Estos valores máximos se determinan en la tabla en función del tipo y grado del acero, el nivel de tensión de referencia en el acero σ_{ref} y la temperatura de referencia T_{ref} .

La tabla 32.3 es aplicable para elementos sometidos a tracción, así como a flexión o fatiga, en que al menos parte de la sección se encuentra traccionada. Esta tabla es aplicable tanto para elementos sin soldar como soldados. No se precisa comprobación de tenacidad de fractura en los elementos sometidos únicamente a tensiones de compresión (bien sea por compresión pura, compresión compuesta o ciclo de fatiga con tensiones únicamente de compresión).

La tensión de referencia σ_{ref} es la tensión nominal (es decir, sin tener en cuenta una posible fisura) en el elemento y sección que se quiere comprobar, calculada en estado límite de servicio considerando la combinación pésima de cargas permanentes y variables que se puede producir, así como el efecto de la temperatura T_{ref} .

La temperatura de referencia T_{ref} se obtiene a partir de la temperatura mínima del aire que cabe esperar durante la vida útil de la estructura, corregida para tener en cuenta el efecto de la pérdida por radiación térmica, la velocidad de deformación y el tipo de material, mediante la siguiente expresión:

$$T_{ref} = T_o + \Delta T_r - \Delta T_{\dot{\epsilon}} - \Delta T_{\epsilon_{cf}}$$

siendo:

T_o Temperatura mínima de servicio a considerar, que puede tomarse como la temperatura mínima absoluta registrada en el lugar del emplazamiento de la estructura durante los 50 años anteriores. A falta de otros datos, pueden tomarse los valores publicados por la Agencia Estatal de Meteorología para la estación más cercana al emplazamiento, restando $0,5^\circ\text{C}$ por cada 100 m de aumento de altitud, o sumando $0,5^\circ\text{C}$ por cada 100 m de reducción de altitud.

ΔT_r Término que introduce el efecto de la pérdida por radiación; puede tomarse $\Delta T_r = -5^\circ\text{C}$.

$\Delta T_{\dot{\epsilon}}$ Término función de la velocidad de deformación $\dot{\epsilon}$, de valor 0°C si esta es igual al valor de referencia, $\dot{\epsilon}_o = 4 \times 10^{-4}/\text{seg}$; para otros valores de $\dot{\epsilon}$ (por ejemplo, en caso de cargas de impacto), puede obtenerse $\Delta T_{\dot{\epsilon}}$ mediante la expresión:

$$\Delta T_{\dot{\epsilon}} = (1440 - f_y) (\ln (\dot{\epsilon} / \dot{\epsilon}_o))^{1,5} / 550$$

$\Delta T_{\epsilon_{cf}}$ Término función de la conformación en frío del acero; si el acero no es conformado en frío, este término es 0°C . Si el acero es conformado en frío, puede tomarse:

$$\Delta T_{\epsilon_{cf}} = 3 \times \epsilon_{cf}$$

siendo ϵ_{cf} el porcentaje de deformación permanente producida por el conformado en frío del material.



En la tabla 32.3, la tensión de referencia σ_{ref} se da normalizada como un porcentaje (75%, 50%, 25%) del límite elástico nominal del acero para el espesor t considerado, $f_y(t)$, donde $f_y(t)$ es el valor de f_y para el espesor t que figura en la norma correspondiente al tipo de acero de que se trate o, alternativamente, puede determinarse mediante:

$$f_y(t) = f_y - 0,25t$$

siendo f_y el límite elástico del acero en N/mm^2 y t el espesor del material en mm.

La tabla 32.3 admite la interpolación lineal. En la mayor parte de los casos, el valor de σ_{ref} varía entre $0,75 f_y(t)$ y $0,50 f_y(t)$. No pueden extrapolarse los valores de σ_{ref} fuera del intervalo $0,75 f_y(t) - 0,25 f_y(t)$.

Tabla 32.3. Espesores máximos t (mm) del material base

Tipo de acero	Grado	Resiliencia		Temperatura de referencia T_{ref} [°C]																							
		a T [°C]	J _{min}	$\sigma_{ref} = 0,75 f_y(t)$								$\sigma_{ref} = 0,50 f_y(t)$								$\sigma_{ref} = 0,25 f_y(t)$							
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50			
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60			
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75			
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100			
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55			
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70			
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95			
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110			
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145			
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	15	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45			
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60			
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80			
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95			
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130			
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85			
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120			
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70			
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80			
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95			
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115			
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130			

32.4. Otros datos para el proyecto

En los cálculos de las estructuras de acero se adoptarán los siguientes valores, para las características que se indican:



- Módulo de elasticidad: $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- Módulo de elasticidad transversal: $G = E/[2 (1 + \nu)]$
- Coeficiente de Poisson: $\nu = 0,3$
- Coeficiente de dilatación lineal: $\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Densidad $\gamma = 7.850 \text{ Kg/m}^3$