

第八章 受軸力與彎矩共同作用之構材

8.1 適用範圍

本章適用於具雙對稱或單對稱斷面受軸力與彎矩共同作用之構材。

8.2 軸壓力與彎矩共同作用

受軸向壓力與彎矩共同作用之構材，應符合以下組合應力之規定：

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{(1 - \frac{f_a}{F_e'}) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{(1 - \frac{f_a}{F_e'}) F_{by}} \leq 1.0 \quad (8.2-1)$$

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (8.2-2)$$

當 $f_a / F_a \leq 0.15$ 時，可以公式(8.2-3)取代公式(8.2-1)與(8.2-2)：

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (8.2-3)$$

上述公式中之下標x、y表示構材彎曲之方向，其中，

f_a = 依計算求得作用於構材之軸應力

F_a = 構材僅受壓力時之容許軸壓應力，依第六章相關規定計算

f_b = 依計算求得作用於構材之彎曲應力

F_b = 構材僅受彎矩時之容許彎曲應力，依第七章相關規定計算

$$F_e' = \frac{12\pi^2 E}{23(KL_b / r_b)^2} \quad (8.2-4)$$

= 尤拉(Euler)挫屈應力除以安全係數23/12，其中， L_b 及 r_b 為構材挫屈平面之未支撐長度與斷面迴轉半徑。

C_m = 為一修正係數，應依以下規定計算：

(1) 可側向位移構架之受壓構材，且在構材兩端點間無橫向載重時：

$$C_m = 0.85$$

(2) 含斜撐構架中之受束制壓力構材，且在構材彎曲平面兩端點間無橫向載重時：

$$C_m = 0.6 - 0.4\left(\frac{M_1}{M_2}\right) \quad (8.2-5)$$

其中， M_1 / M_2 為所考慮彎曲平面上構材無支撐段兩端較小與較大彎矩之比值。當構材受彎成雙曲率彎曲時， M_1 / M_2 之比為正值；當構材成單曲率彎曲時， M_1 / M_2 之比為負值。

(3) 含斜撐構架之受壓構材，若在構材彎曲平面兩端點間受橫向力作用時， C_m 之值可依合理分析方法決定之或依以下之規定：

(a)構材在所考慮彎曲平面之端點受束制者， $C_m=0.85$

(b)構材在所考慮彎曲平面之兩端點未束制者， $C_m=1.0$

解說： 公式(8.2-1)與(8.2-2)分別考慮兩種不同的破壞模式，其中(8.2-1)考慮同時受軸壓力與彎矩作用的樑柱(Beam-Column)構材其破壞主要由穩定性控制，而公式(8.2-2)之破壞模式主要由材料降伏控制。

基於考慮二次彎矩放大效應之影響，公式(8.2-1)對於由外力所造成之撓曲應力 f_b 乘以一個彎矩放大係數 $\frac{1}{(1 - \frac{f_a}{F_e})}$ ，而由於此一放大係數是在假

設構材兩端受到大小相等方向相反之端彎矩作用下推導出來的，因此對於構材兩端受不相等彎矩作用之情況，上述放大係數將過於保守。為了修正此一狀況，公式(8.2-1)中乃又採用一個修正係數 C_m 。另一方面，研究顯示當樑柱構材所受的軸壓應力 f_a 小於15%的構材容許壓應力 F_a 時，則公式(8.2-1)中之彎矩放大參數 $\frac{C_m}{(1 - \frac{f_a}{F_e})}$ 對構材強度之影響將可以忽略不計。因此

規範乃建議當 $f_a/F_a \leq 0.15$ 時，可以採用較簡潔的公式(8.2-3)來取代公式(8.2-1)與(8.2-2)進行設計。

在上式三公式中， F_a 與 F_{bx} ， F_{by} 均應分別依照本規範第六及第七章中相關規定計算。在計算 F_{bx} 時應考慮側向扭轉挫屈之影響。

有關修正係數 C_m 之決定主要受到構材端點是否受側向支撐及構材在兩端點之間是否受橫向載重作用之影響(Massonnet 1959)，因此 C_m 之計算可以分別考慮以下三類狀況：

(1)第一類：受壓構材可側向位移之狀況。此時用計算 F_a 及 F_e' 的有效長度 KL 均不得小於構材未支撐間距之長度。研究顯示，此時 C_m 之值可依下式計算：

$$C_m = 1 - 0.18(f_a / F_e') \quad (C8.1)$$

更進一步的研究指出在考慮彎矩放大效應情況下，上式中 $0.18(f_a / F_e')$ 之值可用 0.15 取代之。因此本節乃建議可側向位移構架之受壓構材 $C_m=0.85$ 。

(2)第二類：受壓構材經支撐不可側位移且構材兩端點之間不受橫向載重之狀況。由於構材無端點側位移，因此用以計算 F_a 及 F_e' 的有效長度 KL 均不大於構材未支撐間距之長度。

在此一狀況下，彎矩放大效應最嚴重的情形將發生在構材兩端受到大小相等方向相反的端彎矩作用之時，亦即造成構材產生單曲率彎曲之情況。反之，最不嚴重之情形將發生

在構材兩端受大小方向相等力矩之作用時，亦即造成雙曲率彎曲之情況。

為了深入探討端彎矩之變化對彎矩放大效應之影響，許多學者分別提出不同的修正方法，其中之一為(Galambos 1988)：

$$C_m = \sqrt{0.3\left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2 - 0.4\left(\frac{M_1}{M_2}\right) + 0.3} \quad (C8.2)$$

研究顯示，上式又可以簡化為：

$$C_m = 0.6 - 0.4\left(\frac{M_1}{M_2}\right) \geq 0.4 \quad (C8.3)$$

其中，0.4之限制被收錄於1978年版的AISC規範，但在1986年版的AISC-LRFD規範及本規範中均已不再採用。原因是上述0.4之限制主要係針對梁之側向扭轉挫屈而訂，並不適用於彎矩放大之情形。在考慮梁之側向扭轉挫屈時，AISC規範中採用了一個修正係數 C_b ， C_b 值之範圍被限制在2.3以內，它與0.4之倒數十分接近。在Zandonini(1985)之研究中指出，若取消0.4之限制，則上述 C_m 之公式可以適用於彎矩放大效應修正之情況。

(3)第三類：受壓構材經支撐不可側位移但在構材兩端點之間受到橫向載重之作用。此時 C_m 可依下式計算：

$$C_m = 1 + \psi \frac{f_a}{F_e} \quad (C8.4)$$

其中， ψ 值如表C8.2-1所示。對於構材兩端受束制不可自由旋轉之情況，研究顯示最大撓曲應力通常發生在靠端點處，而多數情況下 C_m 值將略小於1.0，故本規範建議採用 $C_m=0.85$ 。另一方面，如果構材兩端為簡支，則最大彎曲應力通常發生在靠構材中點附近（視載重狀況而定），此時 C_m 可依下式計算：

$$C_m = \frac{\pi^2 \delta_o EI}{M_o L^2} - 1 \quad (C8.5)$$

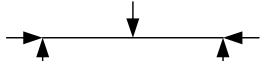
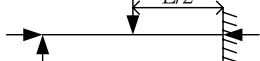
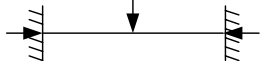
其中，

δ_o = 由橫向載重所引起之最大位移

M_o = 由橫向載重所引起於兩端點間之最大彎矩

最後，設計者應注意本節各公式中有關 F_a 之計算係由構材最大長細比控制，不論構材之彎曲平面為X向或Y向。但是在計算 F_e 時，則必須考慮構材之彎曲平面所在之方向並採用正確之長細比。因此，當構材僅受強軸彎曲時，設計仍應考慮兩個不同方向之長細比以求解問題。

表C8.2-1 ψ 及 C_m 放大因子

Case	ψ	C_m
	0	1.0
	-0.4	$1 - 0.4 \frac{f_a}{F_e'}$
	-0.4	$1 - 0.4 \frac{f_a}{F_e'}$
	-0.2	$1 - 0.2 \frac{f_a}{F_e'}$
	-0.3	$1 - 0.3 \frac{f_a}{F_e'}$
	-0.2	$1 - 0.2 \frac{f_a}{F_e'}$

8.3 軸拉力與彎矩共同作用

受軸拉力與彎矩共同作用之構材，應符合以下組合應力之規定：

$$\frac{f_a}{F_t} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (8.3-1)$$

其中， F_t 為構材僅受軸拉力作用時之容許拉應力， f_a ， f_b 與 F_b 之定義同8.2節，惟依各單獨載重計算求得之 F_b 不得大於第七章中容許撓曲應力之規定。

解說：當構材同時受到軸拉力與彎矩共同作用時，軸拉力具有降低二次彎矩效應之作用，因此公式(8.3-1)並無須考慮彎矩放大作用之影響。

8.4 符號說明

C_m = 修正係數。

F_a = 構材僅受壓力時之容許軸壓應力，tf/cm²。

F_b = 構材僅受彎矩時之容許彎曲應力，tf/cm²。

F_e' = 尤拉(Euler)挫屈應力除以安全係數23/12，tf/cm²。

M_o = 由橫向載重所引起於兩端點間之最大彎矩。

f_a = 依計算求得作用於構材之軸應力，tf/cm²。

f_b = 依計算求得作用於構材之彎曲應力，tf/cm²。

δ_o = 由橫向載重所引起之最大位移。