AREA EDILIZIA E SOSTENIBILITA'

OPERE DI ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA ANTINCENDIO E MESSA IN SICUREZZA E MIGLIORAMENTO SISMICO DEI LABORATORI DI INGEGNERIA VIA U. TERRACINI 24/26 e 34 BOLOGNA

PROPRIETA' EDIFICIO
UNIBO

CODICE EDIFICIO N.	CODICE PROGETTO N.	TICKET N.
431		17688

DIRIGENTE AREA EDILIZIA E SOSTENIBILITA'
ing. ANDREA BRASCHI

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO	DIRETTORE DEI LAVORI
arch. MARIA PANDOLFO	----------

PROFESSIONISTI INCARICATI

PROGETTO ARCHITETTONICO	----------
PROGETTO IMPIANTI MECCANICI	----------
PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI	----------
PROGETTO OPERE STRUTTURALI	ing. ANDREA BRIGHENTI
COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE	geom. DINA UCCELLI
COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE	----------

LIVELLO DELLA PROGETTAZIONE: FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA ☐ DEFINITIVO ☐ ESECUTIVO ☒ AS-BUILT ☐

OGGETTO DOCUMENTO	SCALA	N° PROGRESSIVO ELENCO ELABORATI
ALLEGATO A: CALCOLO DEL FATTORE DI STRUTTURA	DATA 04/08/2020	TAVOLA N° DG_08-ALL_A
	REV. / DATA	

Allegato A

Calcolo del fattore di struttura a seguito del consolidamento della base dei pilastri

1 PREMESSA

Si cerca di conferire duttilità agli elementi di calcestruzzo armato, tale processo comporta per le strutture il raggiungimento del valore di snervamento, alla quale seguirà la formazione di una cerniera plastica che permetterà una maggiore deformazione a sollecitazione costante. La cerniera si identifica, non in una singola sezione, ma in una lunghezza, detta di plasticizzazione (l_p).
Tra la struttura e la sezione esiste una certa correlazione, solo che la duttilità della struttura (μ_{strutt}) risulta essere molto inferiore alla duttilità della sezione (μ_{sez}). Risulta quindi proficuo lavorare sulla duttilità di sezione per avere un valore maggiore per la duttilità di struttura.

Si consideri una struttura tipo pendolo inverso (Figura 1):

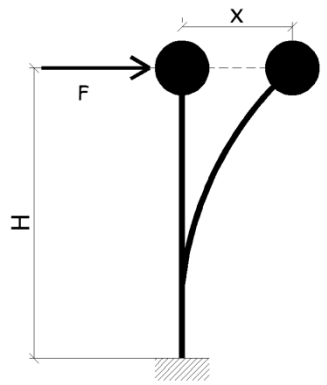


Figura 1 - Pendolo Inverso

Noto il diagramma dello spostamento (Figura 2): comportamento elasto-plastico in funzione della forza F si costruisce in funzione dello sviluppo lineare della mensola i diagrammi di momento e curvatura (
Figura 3):

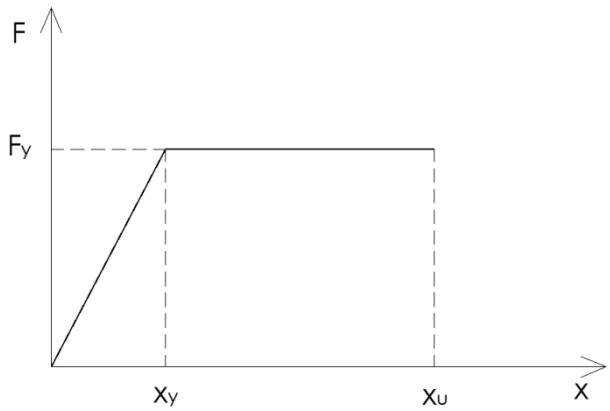


Figura 2 - Diagramma Forza-Spostamento

La duttilità della struttura vale:

$$\mu_{strutt} = \frac{x_y}{x_u}$$

Lo spostamento in sommità x_u si ottiene integrando la curvatura lungo l'altezza

$$x = \int \left(\int \chi \, dh\right) dh$$

Pertanto occorre determinare il diagramma della curvatura lungo l'altezza della mensola

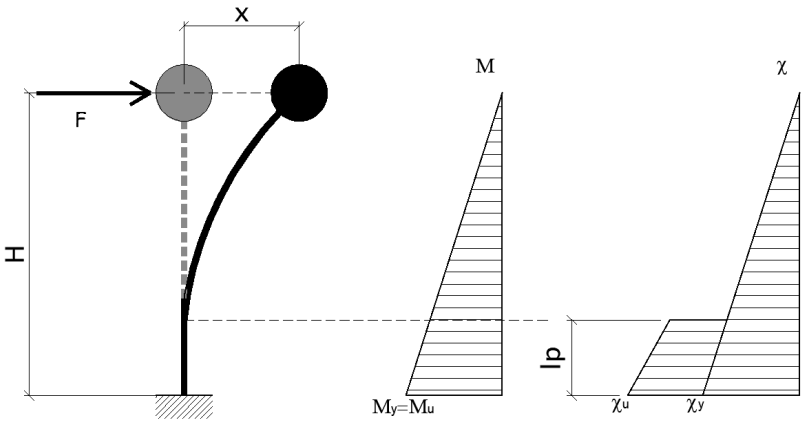
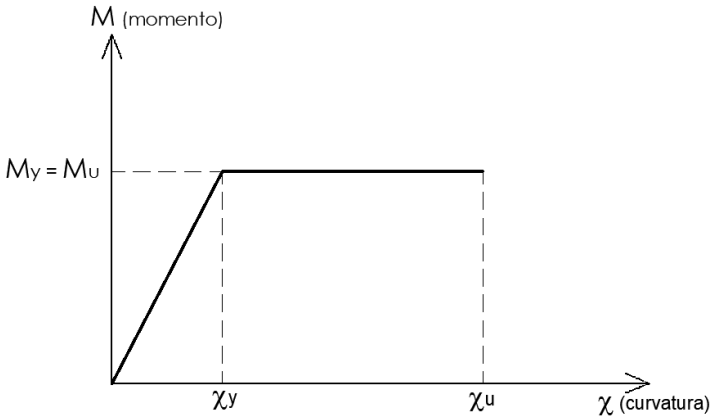


Figura 3 - Diagramma Momento e Curvatura

2 DUTTILITÀ DELLA SEZIONE

L'obiettivo è quello di conoscere il rapporto tra χ_u e χ_y, dove la prima è il valore della curvatura ultima il secondo è il valore della curvatura di snervamento.



2.1 Calcolo della curvatura a snervamento

La curvatura di snervamento si ha quando l'armatura tesa è in condizioni snervate (Figura 4):

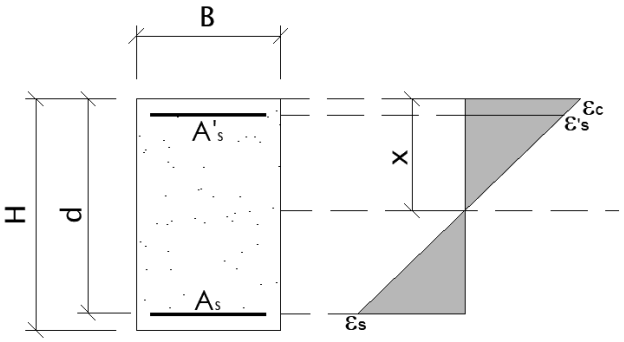


Figura 4 – Sezione e deformazione

La curvatura al limite elastico χ_y vale:

$$\chi_y = \frac{\varepsilon_{yd}}{d - x}$$

Cioè vale la relazione $\varepsilon_s = \varepsilon_y$, tale valore viene assunto come:

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} \tag{01}$$

Le deformazioni del calcestruzzo (ε_c) e dell'armatura compressa (ε'_s) si ottengono secondo le proporzioni:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_{yd}\frac{x}{d - x} \tag{02}$$

$$\varepsilon'_s = \varepsilon_{yd}\frac{x - c}{d - x} \tag{03}$$

Dove x è il valore dell'asse neutro, che deve essere determinato.
Note le deformazioni si può effettuare l'equilibrio alla traslazione a livello di sezione (Figura 5):

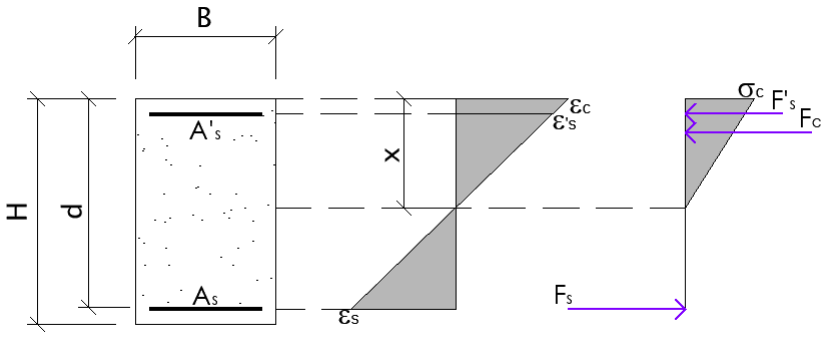


Figura 5 – Sezione di snervamento

Dove F_s è la forza di trazione agente sull'armatura tesa, F_c è la forza di compressione sull'area di calcestruzzo e F'_s è la forza di compressione agente sull'armatura compressa.
Posto l'equilibrio:

$$N = F_s + F'_s + F_c \tag{04}$$

Dove N è nullo nel caso di flessione semplice e diverso da zero in caso di sezione pressoinflessa, e le varie forze risultano:

$$F_s = A_s f_{yd} \tag{05}$$

$$F'_s = A'_s \varepsilon'_s E_s \tag{06}$$

$$F_c = B \frac{1}{2} x \sigma_c, \quad con \ \sigma_c = \varepsilon_c E_c \tag{07}$$

L'equilibrio fornisce il valore dell'asse neutro x da cui si può ricavare la curvatura a snervamento secondo la relazione:

$$\chi_y = \frac{\varepsilon_{yd}}{d - x} \tag{08}$$

2.2 Calcolo della curvatura ultima

La curvatura a rottura della sezione si ha quando si verifica la rottura del calcestruzzo compresso (Figura 4), quindi in questo caso $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$=3,5‰. In questa configurazione l'acciaio teso è snervato quindi lo sforzo è pari a f_{yd}, mentre ε'_s è da valutare come:

$$\varepsilon'_s = \varepsilon_{cu} \frac{x - c}{x} \tag{09}$$

Da notare che qualora ε'_s supera il valore ε_{yd} definito come in (01).
Posto nuovamente l'equilibrio alla traslazione risulta:

$$N = F_s + F'_s + F_c \tag{10}$$

$$F_s = A_s f_{yd} \tag{11}$$

$$F'_s = A'_s \varepsilon'_s E_s \quad o \quad F'_s = A'_s f_{yd} \tag{12}$$

$$F_c = B\, 0{,}8\, x\, f_{cd} \tag{13}$$

Il diagramma assunto per ottenere F_c è quello dello stress-block che permette di utilizzare un diagramma rettangolare, che si sviluppa su 80% di x:

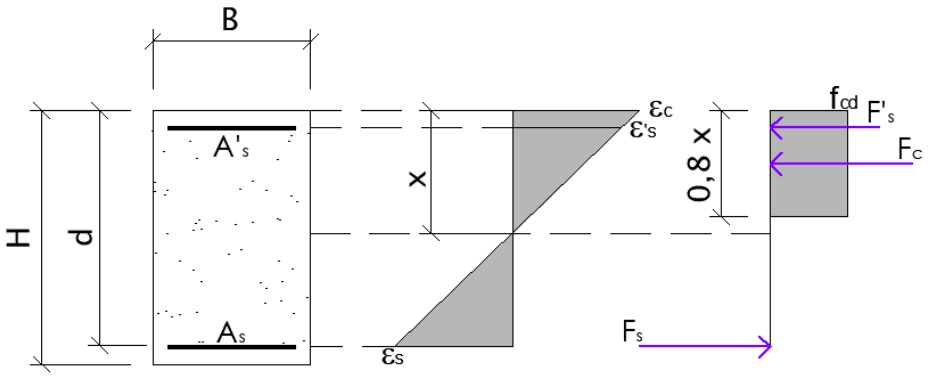


Figura 6 - Sezione a rottura

Noto il valore di x si può calcolare il valore di χ_u come:

$$\chi_u = \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \tag{14}$$

Noti i valori delle curvature si può valutare la duttilità della sezione come:

$$\mu_{sez} = \frac{\chi_u}{\chi_y} \tag{15}$$

3 DUTTILITÀ DELLA STRUTTURA

La duttilità di struttura deve essere valutata come rapporto tra spostamento ultimo e spostamento elastico

$$\mu_{strut} = \frac{x_u}{x_y} \tag{16}$$

Dove:

- x_u = spostamento ultimo;
- x_y = spostamento elastico.

Analizziamo il caso di una struttura a mensola ovvero pendolo inverso ovvero portale con cerniere sommitali (Figura 7).

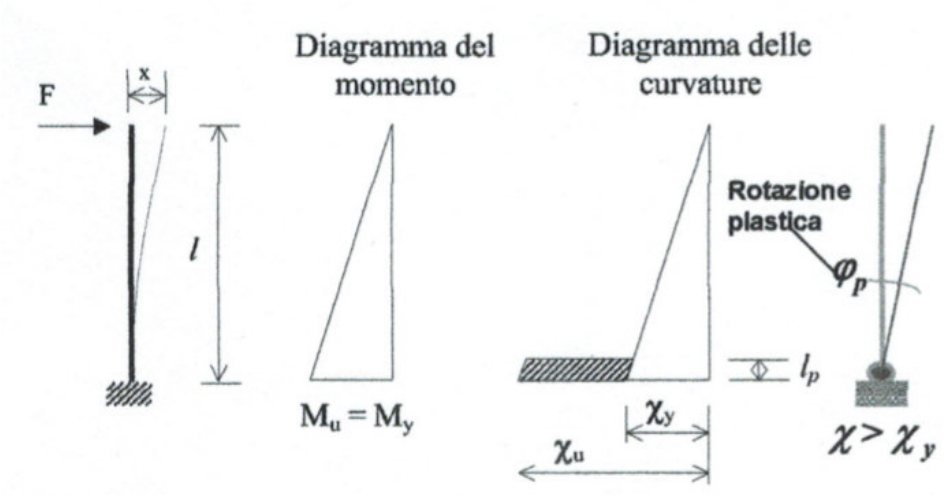


Figura 7 - Caso mensola soggetta ad una forza in sommità

Il valore dello spostamento elastico x_y può essere valutato in funzione della curvatura al limite elastico χ_y e cioè come il prodotto tra l'area del diagramma della curvatura per il braccio del momento statico rispetto alla sezione libera:

$$x_y = \frac{\chi_y\, l}{2}\,\frac{2}{3}\,l = \frac{\chi_y\, l^2}{3} \tag{17}$$

Dove x_y lo spostamento in caso di snervamento della sezione.

Lo spostamento ultimo si può valutare analogamente, sempre in funzione del diagramma della curvatura (
Figura 3), tenendo conto della seguente relazione:

$$x_u = x_y + x_p \tag{18}$$

Dove x_p è lo spostamento che si ha dopo il superamento di x_y. Tale valore è dato dalla rotazione plastica nel tratto plasticizzato (l_p) per il braccio ($l - l_p/2$)

$$x_p = \varphi_p\left(l - \frac{l_p}{2}\right) \tag{19}$$

La lunghezza del tratto plasticizzato l_p può essere valutato come enunciato nell'appendice dell'eurocodice 8:

$$l_p = 0{,}10L + 0{,}15 f_{yk} d_{bL} \tag{20}$$

Dove:

- L è l'altezza di piano;
- f_{yk} è lo sforzo caratteristico dell'acciaio delle barre longitudinali;
- d_{bL} è il diametro delle barre longitudinali.

Mentre la rotazione plastica φ_p può essere valutata come:

$$\varphi_p = \left(\chi_u - \chi_y\right) l_p \tag{21}$$

Pertanto lo spostamento ultimo vale:

$$x_u = \frac{\chi_y\, l^2}{3} + (\chi_u - \chi_y) l_p \left(l - \frac{l_p}{2}\right) \tag{22}$$

Dividendo per x_y definita in (16):

$$\mu_{strutt} = 1 + 3(\chi_u - \chi_y) l_p \frac{\left(l - \frac{l_p}{2}\right)}{\chi_y\, l^2} \tag{23}$$

Inserendo la relazione (15) si ha:

$$\mu_{strutt} = 1 + 3(\mu_{sez} - 1) l_p \frac{\left(l - \frac{l_p}{2}\right)}{l^2} \tag{24}$$

Dato che l_p è una quantità piccola allora si assume:

$$\mu_{strutt} = 1 + 3(\mu_{sez} - 1) \frac{l_p}{l} \tag{25}$$

4 AUMENTO DELLA DUTTILITÀ DELLA SEZIONE PER CONFINAMENTO

Si è visto che la curvatura ultima dipende fortemente dalla deformazione ultima del calcestruzzo:

$$\chi_u = \frac{\varepsilon_{cu}}{x}$$

Pertanto è possibile aumentare la duttilità della sezione e conseguentemente la duttilità della struttura aumentando la deformazione ultima del calcestruzzo.

E' possibile aumentare la deformazione ultima del cls per mezzo del confinamento della sezione il quale può essere ottenuto, ad esempio, con l'aumento del numero delle staffe.

Innanzi tutto si cerca di valutare la tensione di compressione che fornisce l'intervento, barre filettate passanti nel pilastro, che andrà a migliorare il confinamento nell'elemento preso in esame, si fa riferimento all'analisi eseguita da A. Ghersi ne' "Il cemento armato", Cap. 12 - Duttilità.
Si consideri una sezione rettangolare con le seguenti caratteristiche (Figura 8):

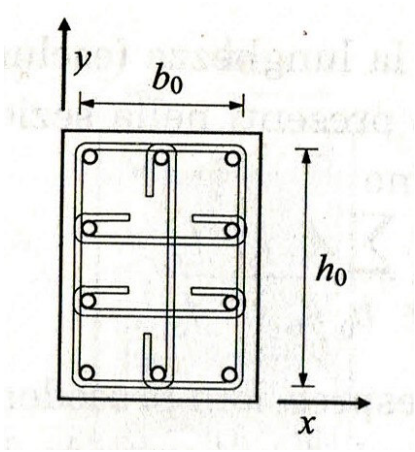


Figura 8 – Sezione

Nel caso in esame, la compressione trasversale potrebbe essere diversa lungo le due direzioni, però dato che la sezione ha dimensioni simili h≈b, si considera il valore medio della tensione, secondo la formulazione fornita dall'Eurocodice 8:

$$\sigma_{c,trasv} = \frac{1}{2}\alpha\, \rho_w\, f_{yk} \tag{26}$$

Dove:

- ρ_w è il rapporto del rinforzo trasversale, che viene valuta come rapporto tra il volume di calcestruzzo e quello delle staffe:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}\, l_{st}}{s\, b_0\, h_0} \tag{27}$$

- A_{sw} è l'area della sezione trasversale delle staffe:
- l_{st} è la lunghezza (escludendo i ganci di ancoraggio) di ciascuna staffa presente nella sezione;
- f_{yk} è lo sforzo caratteristico dello snervamento dell'acciaio delle staffe;
- b_0 e h_0 sono rispettivamente i valori di b e h meno due volte il valore del copriferro;
- s è il passo tra le staffe
- α è il coefficiente di efficacia del confinamento.

Tale espressione può essere riscritta come:

$$\sigma_{c,trasv} = 0{,}5\, \alpha\, \omega_{st}\, f_{ck} \tag{28}$$

Dove ω_{st} è il rapporto meccanico di staffe espresso:

$$\omega_{st} = \frac{(\sum A_{st}\, l_{st})}{b_0\, h_0\, s}\frac{f_{yk}}{f_{ck}} \tag{29}$$

La reazione dell'elemento compresso non coinvolge l'intero volume, ma una sua parte (Figura 9).

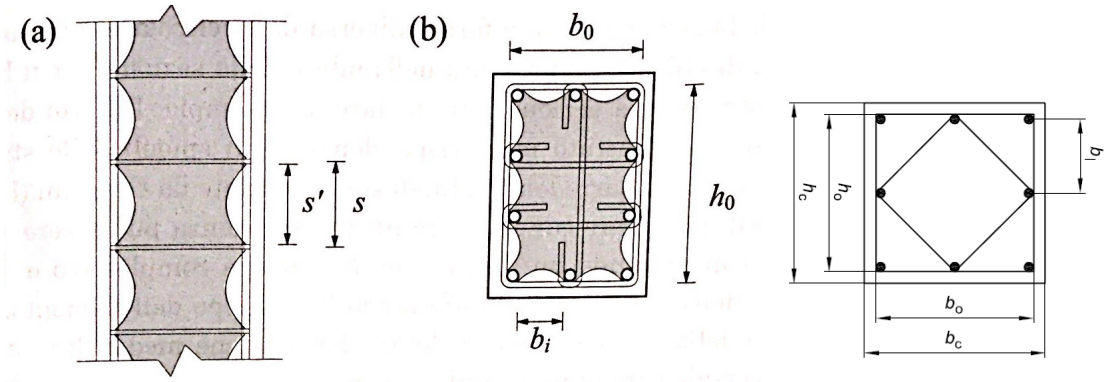


Figura 9 - Efficacia del confinamento

L'eurocodice 8 al punto 5.4.3.2.2 (8) definisce a come il coefficiente di efficacia complessiva, prodotto tra il contributo delle staffe lungo lo sviluppo dell'elemento (α_s) e del piano della sezione trasversale (α_n):

$$\alpha = \alpha_s \, \alpha_n \tag{30}$$

<u>Contributo longitudinale</u>
Il contributo delle staffe lungo lo sviluppo dell'elemento (α_s) è ottenuto come rapporto tra l'area netta del calcestruzzo confinato e l'area media della sezione trasversale $b_0 h_0$:

$$\alpha_s = \frac{A_{c,s}}{b_0 \, h_0} \tag{31}$$

L'Eurocodice 8 lo definisce per una sezione rettangolare come:

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right)\left(1 - \frac{s}{2h_0}\right) \tag{32}$$

il contributo risulta essere doppio vista la simmetria della sezione.

<u>Contributo trasversale</u>
Il contributo nel piano della sezione trasversale (α_n):

$$\alpha_n = \frac{A_{c,n}}{b_0 \, h_0} \tag{33}$$

Dove $A_{c,n}$ è l'area della sezione trasversale confinata calcolata considerando l'effetto parabolico, descritto precedentemente, presente tra due barre adiacenti confinate

$$A_{c,n} = b_0 h_0 \left(1 - \sum_n \frac{2}{3} b_i \frac{b_i}{4}\right) \tag{34}$$

$$\alpha_n = 1 - \sum_n b_i^2 / 6 b_o h_o$$

Dove:
n numero di ferri longitudinali fissati con le staffe
b_i Distanza tra due barre adiacenti confinate

Resistenza cilindrica e deformazione ultima confinata

Nota $\sigma_{c,trasv}$ si valuta la resistenza f_{ck}^c del cls confinato con la seguente formulazione, come espresso sull'Eurocodice 8 all'appendice E:

$$f_{ck}{}^{c} = f_{ck}\,\lambda_c \tag{35}$$

Dove λ_c è definito come:

$$\lambda_c = 2{,}254\sqrt{1 + 7{,}94\frac{\sigma_{c,trasv}}{f_{ck}}} - \frac{2\sigma_{c,trasv}}{f_{ck}} - 1{,}254 \tag{36}$$

Il valore dello sforzo a compressione del calcestruzzo f_{cd}^c si valuta analogamente a f_{cd}.
Noto f_{ck}^c si valuta il valore massimo della deformazione a compressione del calcestruzzo:

$$\varepsilon_{c1,conf} = 0{,}02\left[1 + 5\left(\frac{f_{ck}{}^{c}}{f_{ck}} - 1\right)\right] \tag{37}$$

Infine la deformazione ultima del calcestruzzo risulta essere:

$$\varepsilon_{cu,conf} = \varepsilon_{cu} + \frac{1{,}4\rho_w f_{yk}\,\varepsilon_{su}}{f_{ck}{}^{c}} \tag{38}$$

Dove ε_{su} è la deformazione ultima dell'acciaio delle staffe.

5 DALLA DUTTILITÀ AL FATTORE DI STRUTTURA

Ora nota la relazione che intercorre tra duttilità di sezione e quella di struttura, si può cercare di comprendere la relazione che si ha tra duttilità della struttura e il fattore di struttura.
Citando la definizione che dà la normativa al § 7.31: "il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità del materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 K_R \tag{39}$$

dove:

- q_0 è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α_u/α_1 tra il valore dell'azione sismica e per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;
- K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza."

Il fattore di struttura rapportato allo spettro di risposta elastico fornisce lo spettro di risposta non elastico per poter eseguire l'analisi sulla struttura.
Noto il parametro $\eta = F_y/(a_{max}M)$, in funzione della duttilità, si può esprimere:

$$\eta(T,\mu) = \frac{\eta_e(T,\mu = 1)}{q(T,\mu)} \tag{40}$$

con q che è il coefficiente di struttura. Risulta:

$$\eta_e = \frac{F_y}{Am} = R(T) \tag{41}$$

dove R(T) è la forma dello spettro elastico. Si può esprimere la forza elastica come:

$$F_y^{(e)} = AmR(T) \tag{42}$$

La forza generica invece in base alla relazione (25) e (27):

$$F_y = \eta Am = \frac{AR}{q}m \tag{43}$$

Allora la forza generica di progetto non è altro che la forza elastica dello spettro rapportata aq.
Si assuma il comportamento infinitamente elastico e lo si eguagli in termini di spostamento con un comportamento plastico: il valore massimo raggiunto è lo stesso (Figura 10).

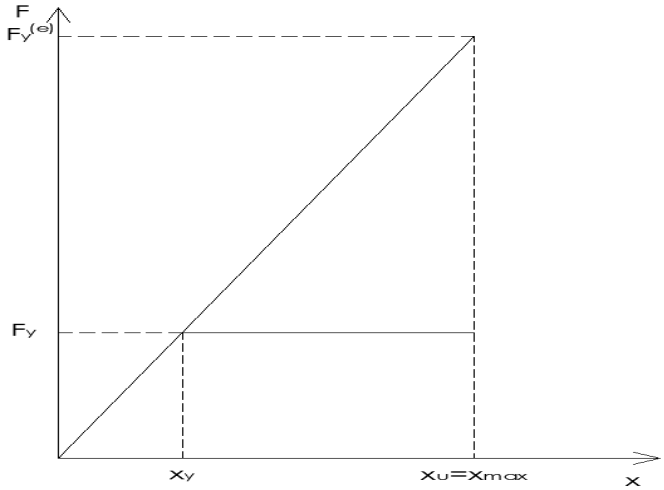


Figura 10 - Uguaglianza dello spostamento

Si può ritenere di conoscere gli spostamenti elastici, allora:

$$x_{max} = \frac{F_y^{(e)}}{k} = \frac{AR(T)}{k} \tag{44}$$

Imponendo la proporzione:

$$F_y : x_y = F_y^{(e)} : x_{max} \tag{45}$$

L'uguaglianza tra x_u e x_{max} e la duttilità di struttura, definita come il rapporto tra x_u e x_y, permette di definire la forza del sistema con comportamento plastico:

$$F_y = \frac{F_y^{(e)}}{\mu_d} \tag{46}$$

si osserva che q è pari a μ_d, si può dire che il fattore di struttura sia pari alla duttilità di struttura. L'ipotesi proposta può essere valida visto che si hanno casi di uguaglianza di spostamento ma l'energia che viene coinvolta non è paragonabile.
Si provi quindi ad eguagliare l'energia dissipata (Figura 11):

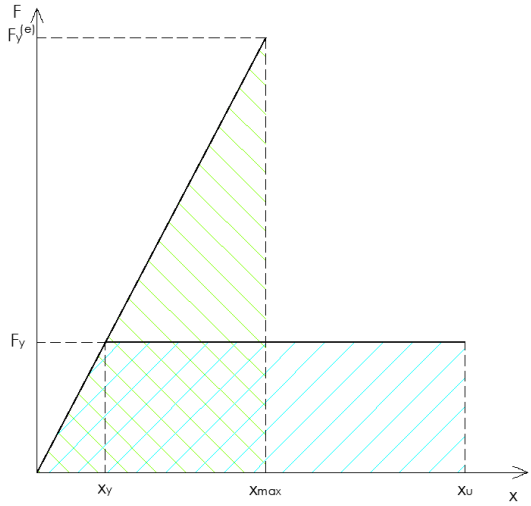


Figura 11 - Uguaglianza energia

Analiticamente l'uguaglianza si esprime:

$$\frac{1}{2} F_y^{(e)} x_{max} = F_y x_u - \frac{1}{2} F_y x_y \tag{47}$$

Posta la seguente uguaglianza tra il rapporto delle forze e il rapporto degli spostamenti:

$$\frac{x_{max}}{x_y} = \frac{F_y^{(e)}}{F_y} \tag{48}$$

Tenendo conto della duttilità di struttura e della relazione (33) si può esprimere (32) come:

$$\frac{F_y}{F_y^{(e)}} = \frac{1}{2\mu_d - 1} \frac{F_y^{(e)}}{F_y} \tag{49}$$

Risulta in questo caso che la forza del sistema plastico sia:

$$F_y = \frac{F_y^{(e)}}{\sqrt{2\mu_d - 1}} = \frac{AR}{\sqrt{2\mu_d - 1}} m \tag{50}$$

In questo caso si può osservare che $q = \sqrt{2\mu_d - 1}$.

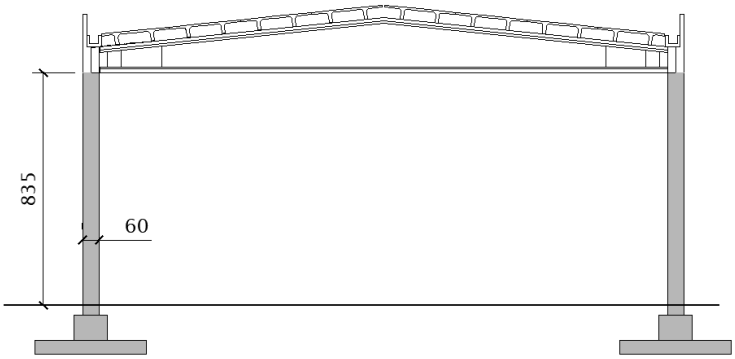
In entrambi i casi proposti il fattore di struttura e il fattore e la duttilità siano correlati, allora si possono distinguere tali relazioni in base al periodo che la struttura ha in base al comportamento che assume:

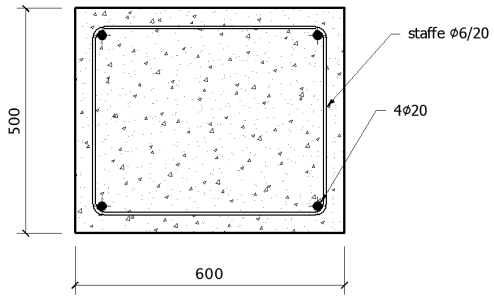
$$\begin{cases} q = 1, & T \leq 0{,}1 \div 0{,}2 \\ q = \mu_d, & 0{,}1 \div 0{,}2 < T \leq 0{,}5 \div 0{,}7 \\ q = \sqrt{2\mu_d - 1}, & 0{,}5 \div 0{,}7 < T \end{cases} \tag{51}$$

Nota la duttilità e il periodo della struttura si può risalire al suo fattore da applicare allo spettro elastico.

6 ESEMPIO DI CALCOLO DEL FATTORE DI STRUTTURA

Si svolge il calcolo numerico del fattore di struttura per un caso reale di pilastro rinforzato di un capannone prefabbricato monopiano.





6.1 Stato di fatto

Si considerino pilastri con sezione di 50x60 cm, armata con 4 barre longitudinali Φ 20 superiormente e inferiormente. Si considera una forza di compressione pari a 690 kN.
Di seguito si riportano le tabelle di calcolo del fattore di struttura prima dell'intervento, dove viene calcolato la curvatura a snervamento e a rottura della sezione e il calcolo della duttilità di struttura:

PILASTRO

SEZIONE CLS			CLS			ACCIAIO		
l =	835	cm	R_{ck}=	50	N/mmq	f_{yk} =	450	N/mmq
B =	50	cm	α_{cc} =	0,85		γ_s =	1,15	
H =	60	cm	γ_c =	1,5		E_s =	210000	N/mmq
c =	4	cm	f_{ck}=	41,5	N/mmq	f_{yd} =	391,30	N/mmq
d =	56	cm	f_{cm} =	49,5	N/mmq	AZIONI		
Ac =	3000	cmq	E_c=	35547	N/mmq	N_{ed} =	-690	kN
			f_{cd}=	23,5	N/mmq	M_{ed} =	0	kNm

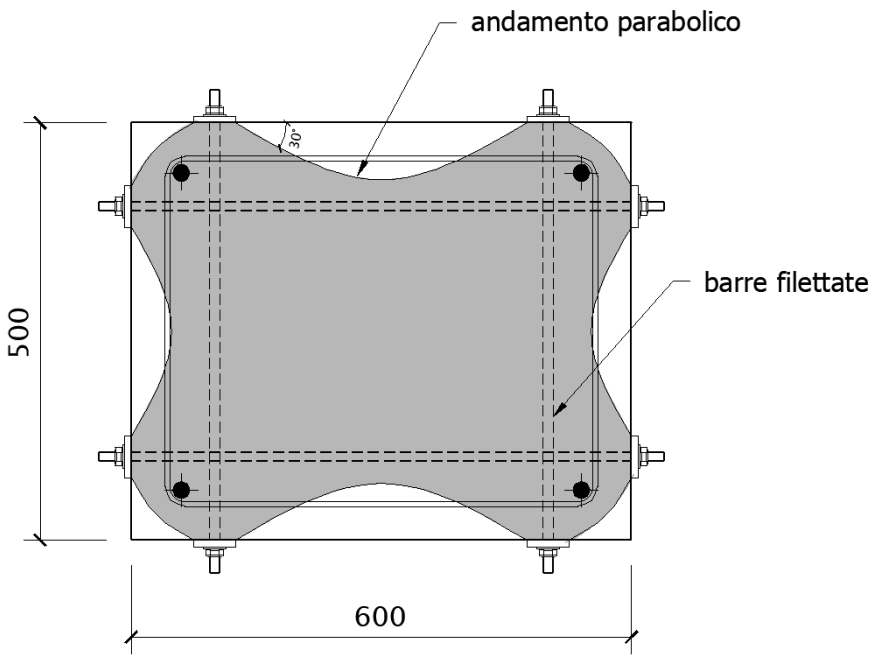
ARMATURA									
Tesa	2	Ø	20	+	0	Ø	16	As =	628 mmq
Compressa	2	Ø	20	+	0	Ø	16	A's =	628 mmq

Condizioni di snervamento			Condizione di rottura calcestruzzo			Duttilità struttura		
x_y/d =	0,263		x_u/d =	0,136		μ_{sez}	10,2	
ε_{yd} =	1,86	‰	ε_{ccu} =	-3,5	‰	l_p =	97	cm
Eq alla traslazione			Eq alla traslazione			μ_d =	4,2	
ΔN =	-0,82	kN	ΔN =	-0,52	kN	q_0	2,7	
x_y =	14,7	cm	x_u =	7,62	cm			
χ_y =	0,045		χ_u =	0,459				

Il fattore di struttura è pertanto 2,7

6.2 Progetto

L'intervento previsto è quello di inserire delle barre filettate M12 di classe 8.8, con passo 25 cm.



Sezione del pilastro con indicata l'area confinata

Consideriamo tale confinamento come equivalente a quello ottenuto da una staffatura ordinaria.

Si riporta il calcolo della deformazione ultima e il relativo sforzo per il calcestruzzo confinato con la soluzione proposta:

Sezione			Sezione confinata			Condizioni geometriche		
l =	835	cm	b_0 =	42	cm	α_s =	0,534	
B =	50	cm	h_0 =	52	cm	α_n =	0,428	
H =	60	cm	b_i =	38	cm	α =	0,228	
c =	4	cm	h_i =	48	cm	ρ_w=	0,003	
x_u =	6,5	cm	A_{cc} =	1559	cm	ω_{wd}=	0,056	
d =	56	cm	x_u/H =	0,109		λ_c=	1,044	
Ac =	3000	cmq				ε_{su} =	80	‰
						ε_{cu} =	3,5	‰
Staffe			**CLS**			**CLS Confinato**		
Ø =	12	mm	R_{ck}	50	N/mmq	σ_e =	0,27	N/mmq
s =	25	cm	α_{cc} =	0,85		ε_{c0} =	2,35	‰
K_r =	0,75		γ_c =	1,5		ε_{cc0} =	2,86	‰
A_s =	0,848	cmq	f_{ck}	41,5	N/mmq	f_{ccd} =	**24,6**	N/mmq
n_staffe	1		f_{cm} =	49,5	N/mmq	ε_{ccu} =	**9,54**	‰
n_bloc =	2		E_c =	35547	N/mmq			
f_{yk} =	800	N/mmq	f_{cd} =	23,5	N/mmq			

ARMATURA								
Tesa	2	Ø 20	+	0	Ø 16	As =	628	mmq
Compressa	2	Ø 20	+	0	Ø 16	A's =	628	mmq

La deformazione ultima passa pertanto da 3,5 ‰ al 9,5 ‰

Noti i valori si calcola nuovamente il fattore di struttura in condizioni di calcestruzzo confinato:

SEZIONE CLS			CLS			ACCIAIO		
l =	835	cm	R_{ck}=	50	N/mmq	f_{yk} =	450	N/mmq
B =	50	cm	α_{cc} =	0,85		γ_s =	1,15	
H =	60	cm	γ_c =	1,5		E_s =	210000	N/mmq
c =	4	cm	f_{ck}=	41,5	N/mmq	f_{yd} =	391,30	N/mmq
d =	56	cm	f_{cm} =	49,5	N/mmq	**AZIONI**		
Ac =	3000	cmq	E_c =	35547	N/mmq	N_{ed} =	-690	kN
			f_{ccd} =	25,21	N/mmq	M_{ed} =	0	kNm

ARMATURA								
Tesa	2	Ø 20	+	0	Ø 16	As =	628	mmq
Compressa	2	Ø 20	+	0	Ø 16	A's =	628	mmq

Condizioni di snervamento			Condizione di rottura			Duttilità struttura		
x_y/d =	0,263		x_u/d =	0,122		μ_{sez}	30,7	
ε_{yd} =	1,86	‰	ε_{ccu} =	-9,50	‰	l_p =	97	cm
Eq alla traslazione			Eq alla traslazione			μ_d =	11,4	
ΔN =	-0,82	kN	ΔN =	-0,07	kN	q_0	4,7	
x_y =	14,74	cm	x_u =	6,84	cm			
χ_y =	0,0452		χ_u =	1,3882				