

AICAP - Guida all'uso dell'EC2

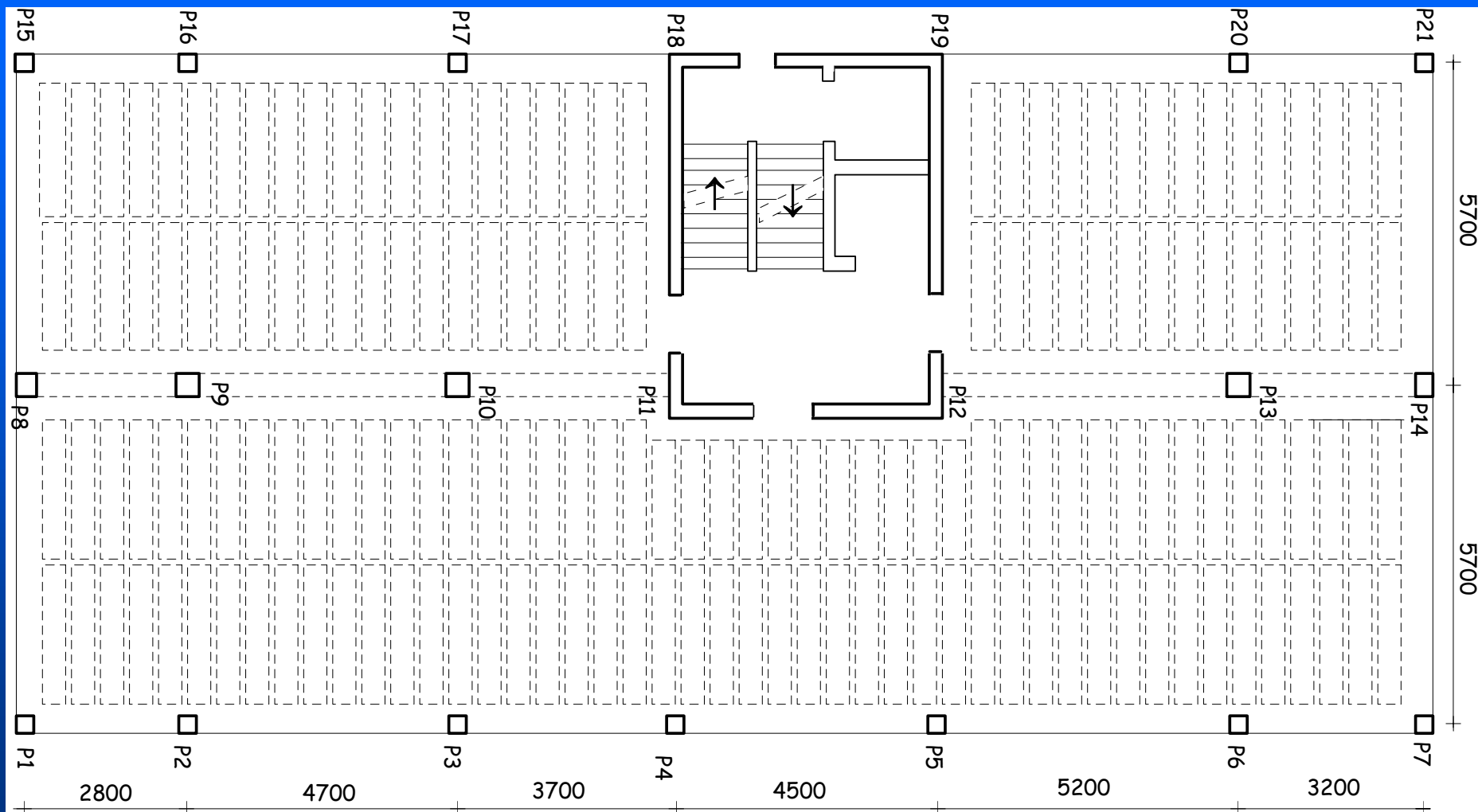
Pisa 26 gennaio 2007

VOL. II - CAP. 4

EDIFICIO A STRUTTURA INTELAIATA IN ZONA NON SISMICA

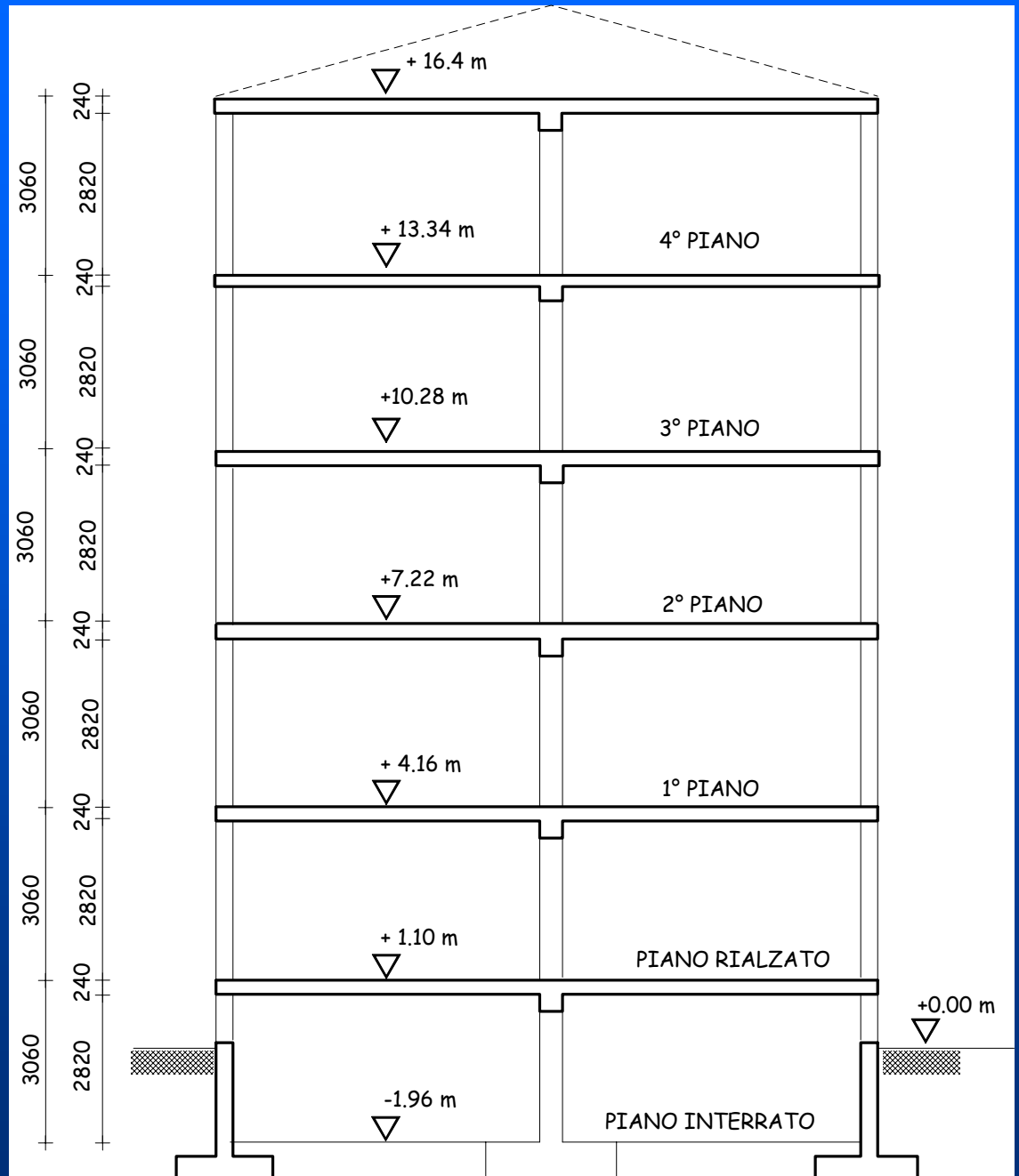
dr. ing. Liberato Ferrara
POLITECNICO DI MILANO

TRADIZIONALE PLURIPIANO



PIANO TIPO

SEZIONE



RIFERIMENTI NORMATIVI

EN 1992-1-1: STRUTTURE DI CALCESTRUZZO

EN 1990: FORMATO S.L. + COMBINAZIONI

EN 1991-1-1: PESI PROPRI+ SOVRACCARICHI

EN 1991-1-3: NEVE

EN 1991-1-4: VENTO

+ ANNESSI NAZIONALI

ANALISI DEI CARICHI

PARTIZIONI MOBILI - EN1991-1-1

$$q_0 \leq 1,0 \text{ kN/m} \rightarrow q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_0 \leq 2,0 \text{ kN/m} \rightarrow q_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$q_0 \leq 3,0 \text{ kN/m} \rightarrow q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

ESTENSIONE

$$q_0 \geq 3,0 \text{ kN/m} \rightarrow q_k = q_0 / 2,5$$

con

$$\gamma_Q = 0 \div 1,5 \quad \text{E} \quad \psi_0 = \psi_1 = \psi_2 = 1$$

NEVE - EN1991-1-3 + Annesso Nazionale

ZONA 1 MEDITERRANEA

carico di neve al suolo $s_k = 1,50 \text{ kN/m}^2$

CARICO DI NEVE in

$$s = \mu_i C_e C_t s_k = 1,20 \text{ kN/m}^2$$

C_e = COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE = 1,0

C_t = COEFFICIENTE TERMICO = 1,0

μ_i = COEFFICIENTE DI FORMA = 0,8

VENTO - EN1991-1-4 + Annesso Nazionale

ZONA 1 - CATEGORIA IV (aree urbane)

PRESSIONE BASE ($v_b = 25 \text{ m/sec}$)

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 = 390 \text{ N/m}^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

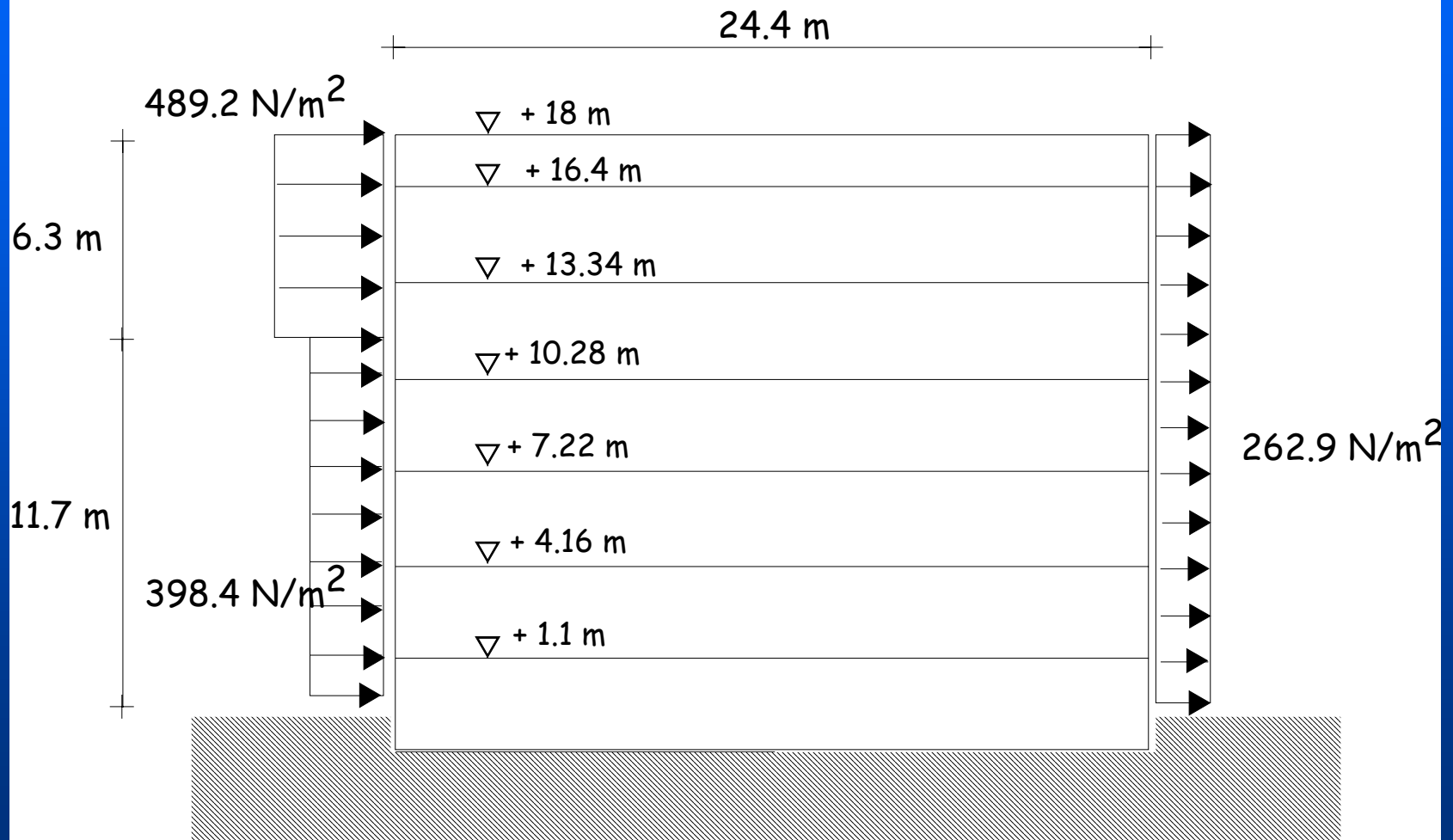
PRESSIONE DI PICCO

$$q_p = C_e(z) q_b = 498 \div 611$$

PRESSIONE SULLE PARETI

$$w = c_p q_p$$

PRESSIONE DEL VENTO SULL'EDIFICIO



CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo classe C25/30

- resistenza caratteristica $f_{ck} = 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

- resistenza di progetto $f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 0.85 \frac{25}{1.5} = 14.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

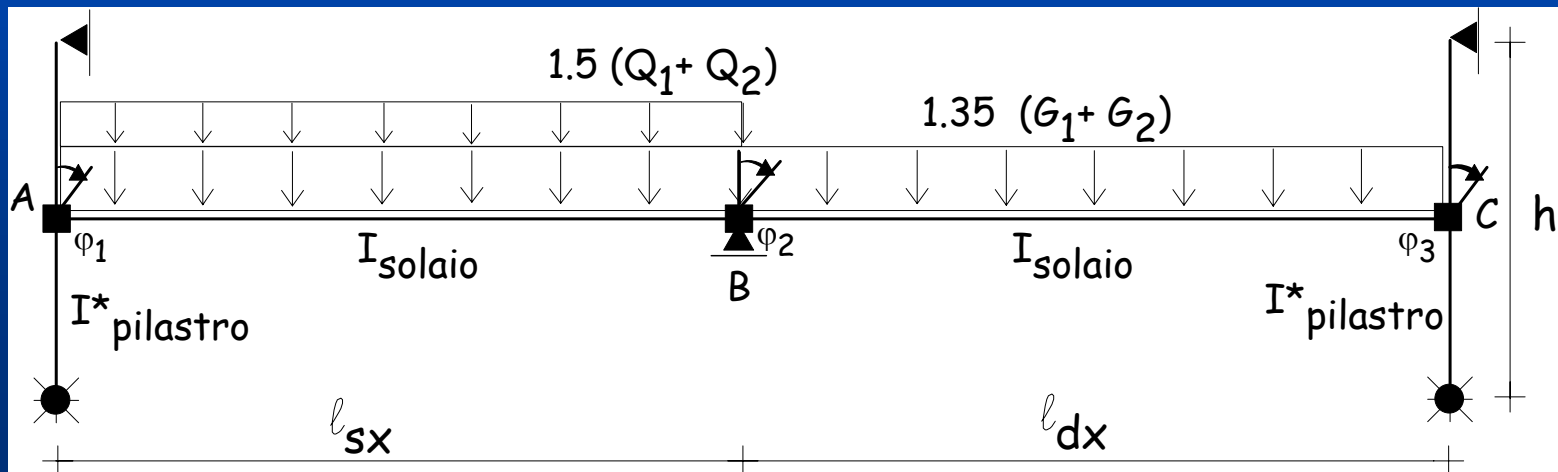
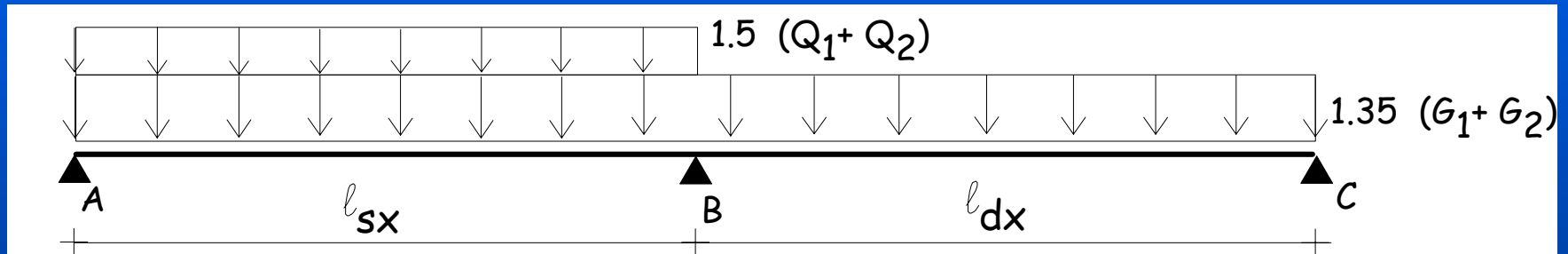
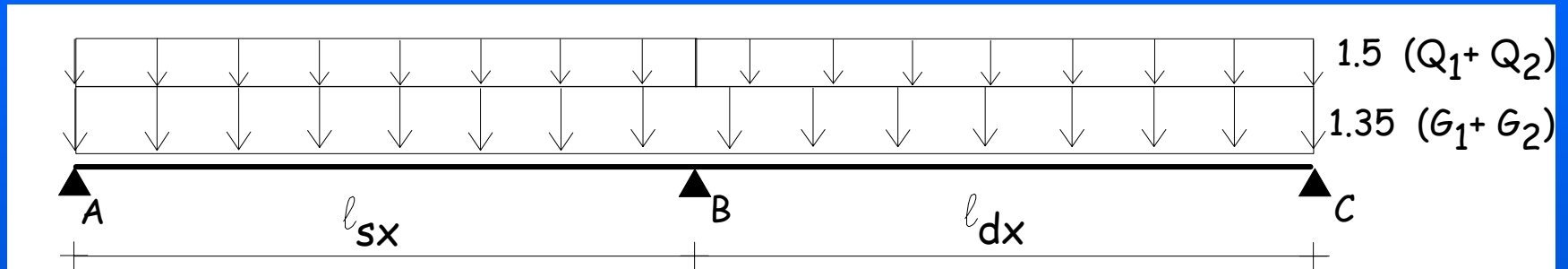
Acciaio B450

- tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} \geq 450 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

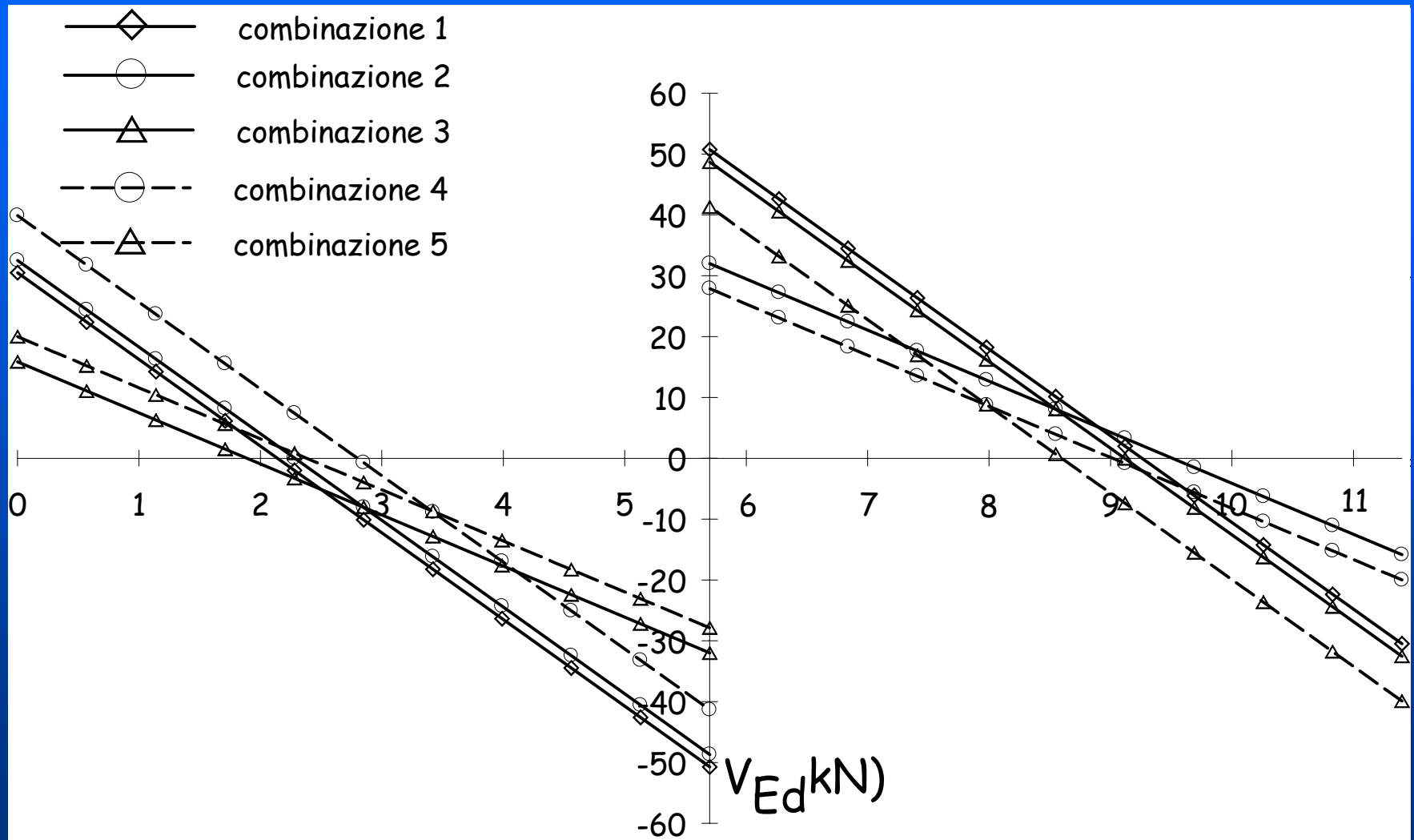
- tensione di snervamento di progetto

$$f_{sd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = \frac{450}{1.15} \cong 391 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

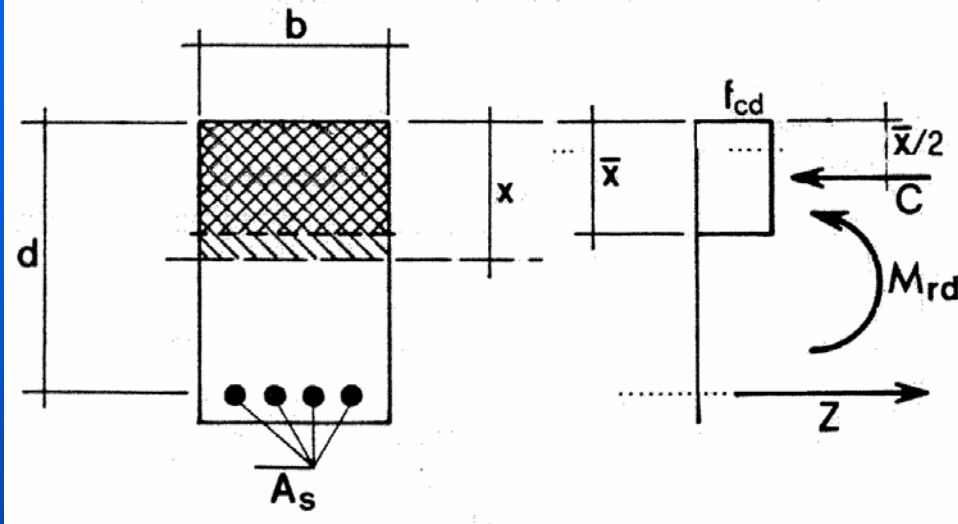
CALCOLO SOLAI - SLU



DIAGRAMMI INVILUPPO



PROGETTO ARMATURA



Eq. rotazione

$$f_{cd} b \beta_1 x (d - \beta_2 x) = M_{Ed}$$

$$\Rightarrow \bar{x}$$

Eq. Traslazione

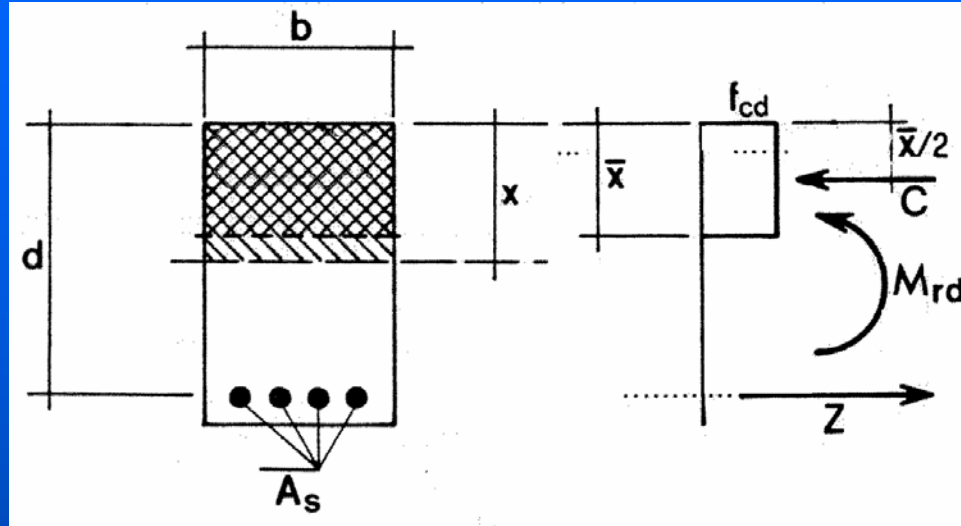
$$f_{cd} b \beta_1 x - A_{s,req} f_{yd} = 0$$

$$\Rightarrow A_{s,req}$$

$$\beta_1 = 0.8 - \beta_2 = 0.4$$

$$A_s \geq 0.26 f_{ctm} / f_{yk} b_t d \text{ (armatura minima)}$$

VERIFICHE S.L.U. MOMENTO FLETTENTE



Eq. Traslazione

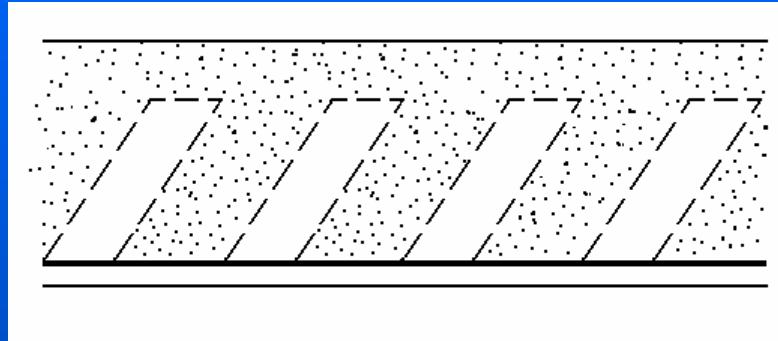
$$f_{cd} b \beta_1 x - A_{s,prov} f_{yd} = 0 \Rightarrow x$$

Eq. rotazione

$$f_{cd} b \beta_1 x (d - \beta_2 x) = A_{s,prov} f_{yd} (d - \beta_2 x) = M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

VERIFICA SLU TAGLIO

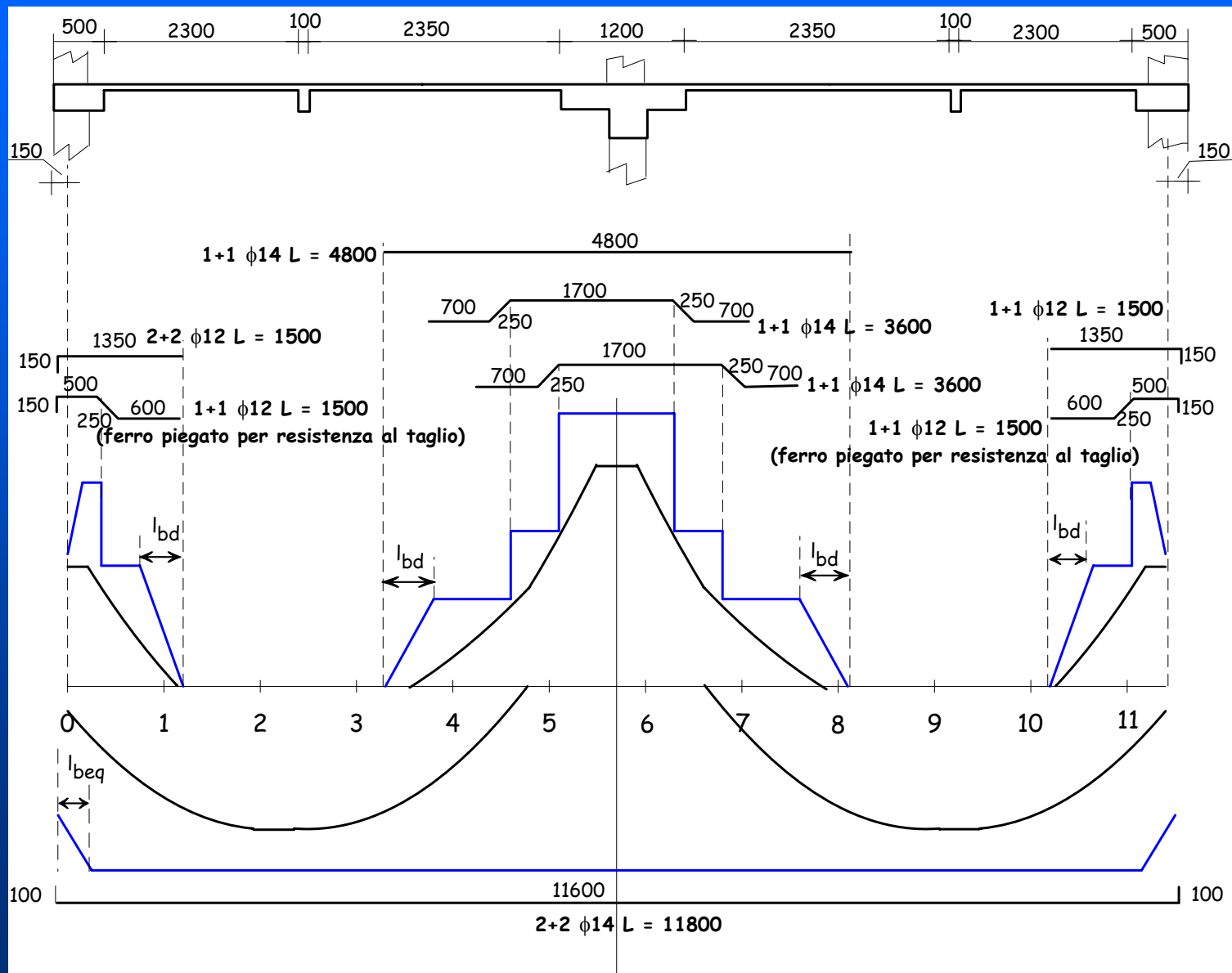
SENZA STAFFE



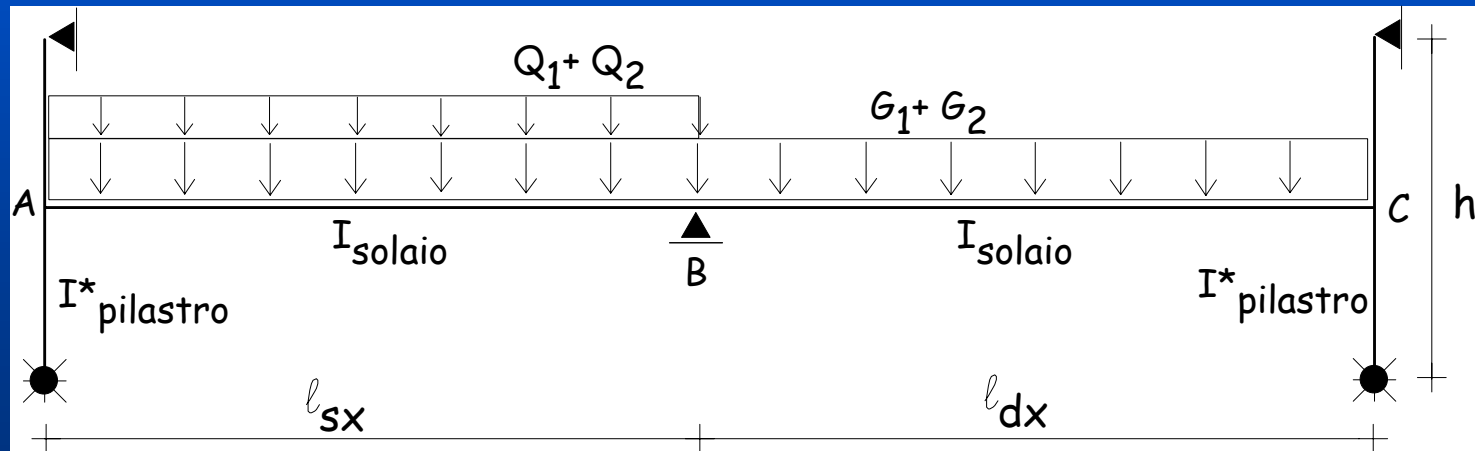
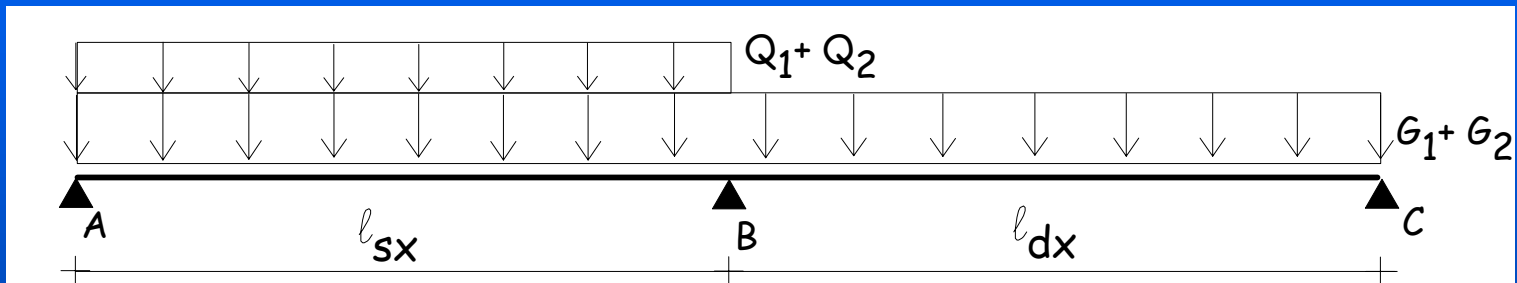
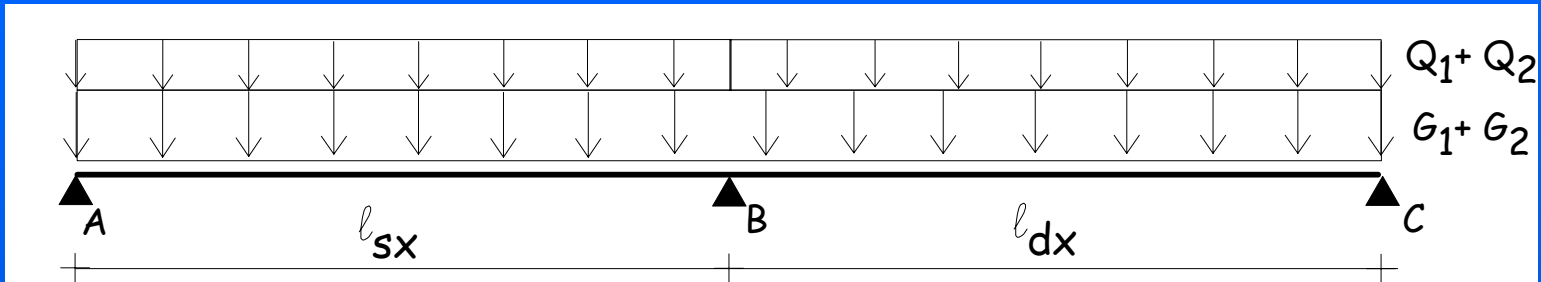
FORMULA EMPIRICA

$$V_{Rdc} = \frac{0,18}{\gamma_c} \left[\left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} \right] b_w d > V_{Ed}$$

TRACCIATO ARMATURE

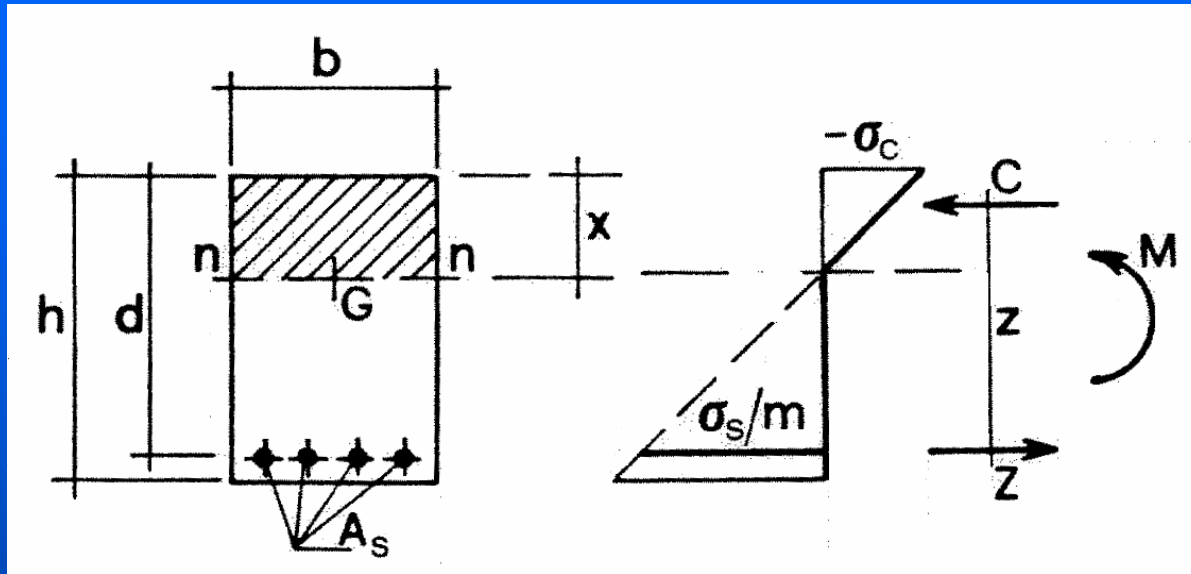


VERIFICHE SLE



NUOVE COMBINAZIONI SENZA $\gamma_G - \gamma_Q$

CALCOLO ELASTICO SEZIONE



$$\sigma_c < 0,6 f_{ck}$$

COMPRESS. CLS

$$\sigma_s < 0,8 f_{yk}$$

TRAZIONE. ACCIAIO

$$\sigma_s < \bar{\sigma}_s(\phi)$$

FESSURAZIONE

+ esempio controllo degli spostamenti

Tensione nell'acciaio ²⁾ [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4 \text{ mm}$	$w_k = 0,3 \text{ mm}$	$w_k = 0,2 \text{ mm}$
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-
1) I valori nel prospetto sono basati sulle seguenti assunzioni: $c = 25 \text{ mm}$; $f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$; $h_{cr} = 0,5$; $(h - d) = 0,1 h$; $k_1 = 0,8$; $k_2 = 0,5$; $k_c = 0,4$; $k = 1,0$; $k_t = 0,4$ e $k' = 1,0$. 2) Sotto la combinazione di carico pertinente.			

CALCOLO TRAVI

STESSO PROCEDIMENTO
SU SCHEMI STATICI PARZIALI

VERIFICHE MOMENTO

SLU

$$M_{Rd} > M_{ed}$$

SLE

$$\sigma_c < 0,6 f_{ck}$$

COMPRESS. CLS

$$\sigma_s < 0,8 f_{yk}$$

TRAZIONE. ACCIAIO

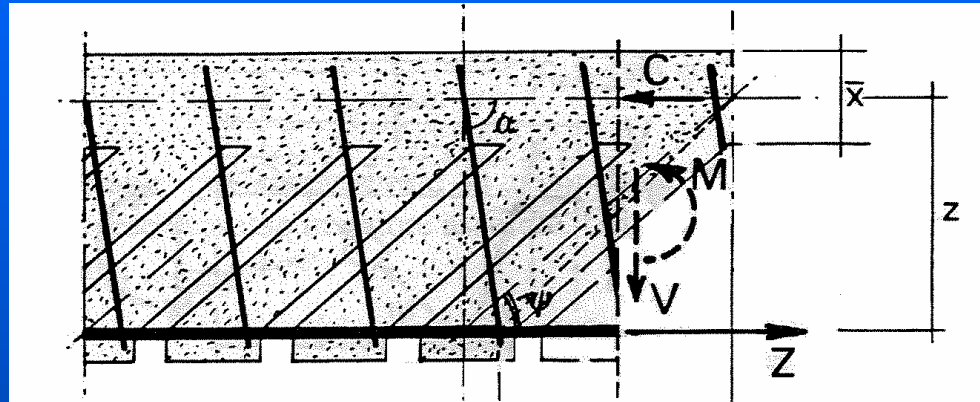
$$\sigma_s < \bar{\sigma}_s(\phi)$$

FESSURAZIONE

+ esempio calcolo diretto ampiezza fessure
e controllo degli spostamenti

VERIFICA SLU TAGLIO

CON STAFFE



STAFFATURA MINIMA

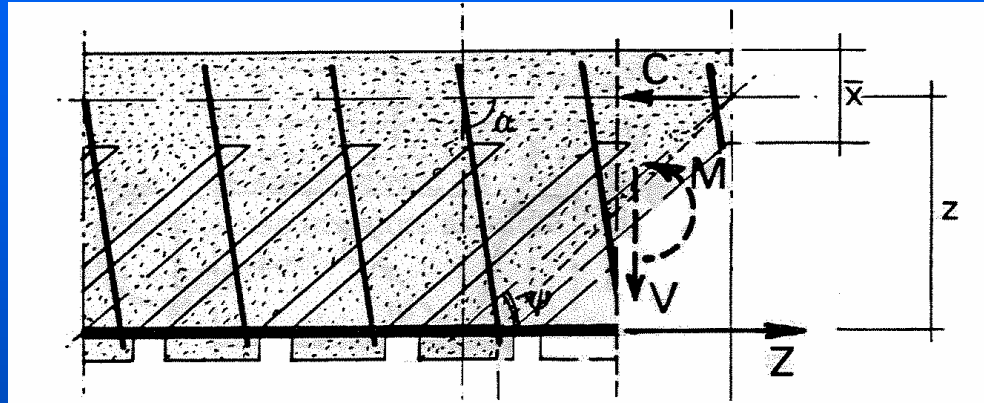
$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{b_w s} \geq 0.08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

Spaziatura longitudinale $\leq 0.75 d$

Spaziatura trasversale $\leq 0.75 d$

VERIFICA SLU TAGLIO

CON STAFFE

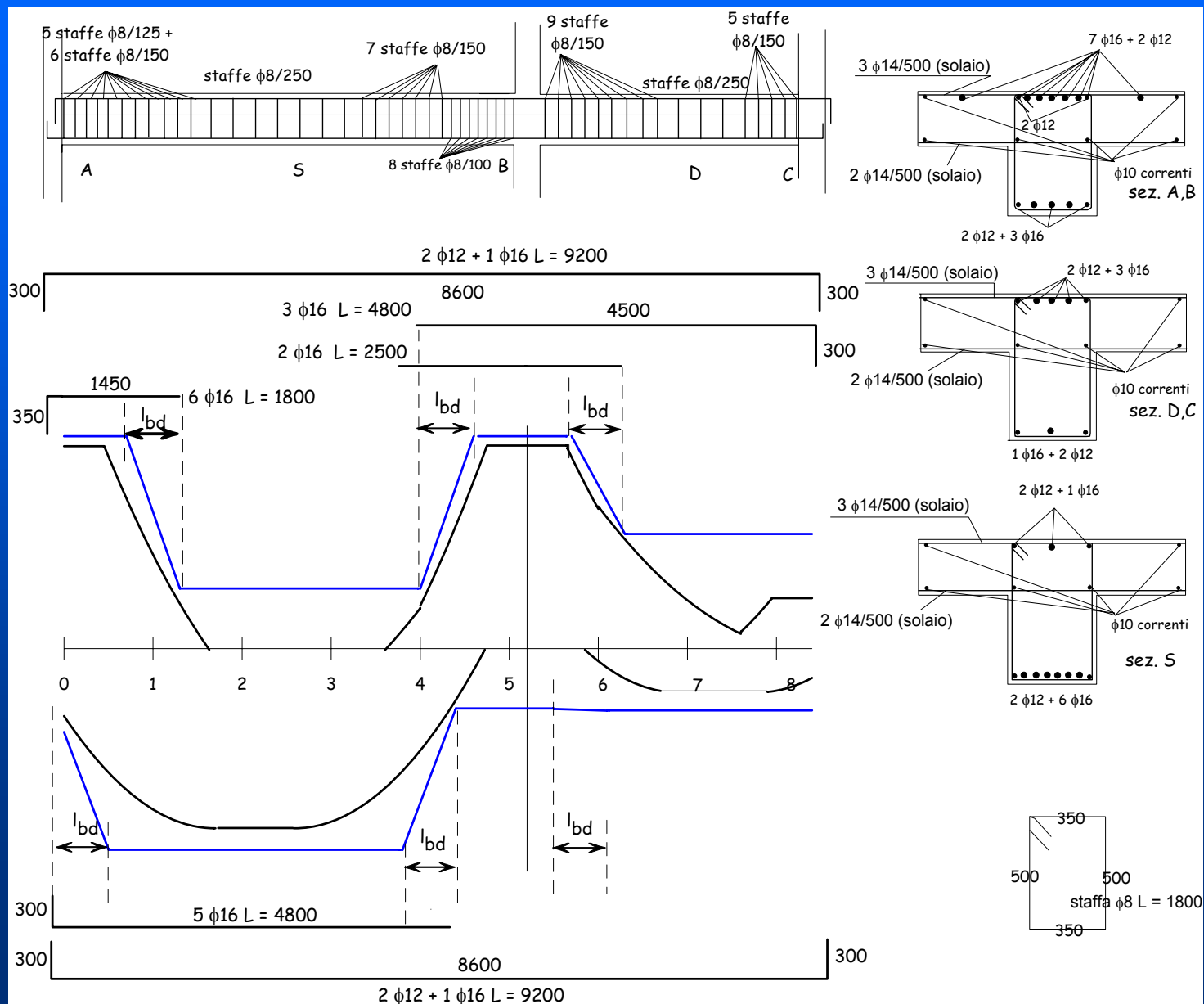


TRALICCIO INCLINAZIONE VARIABILE

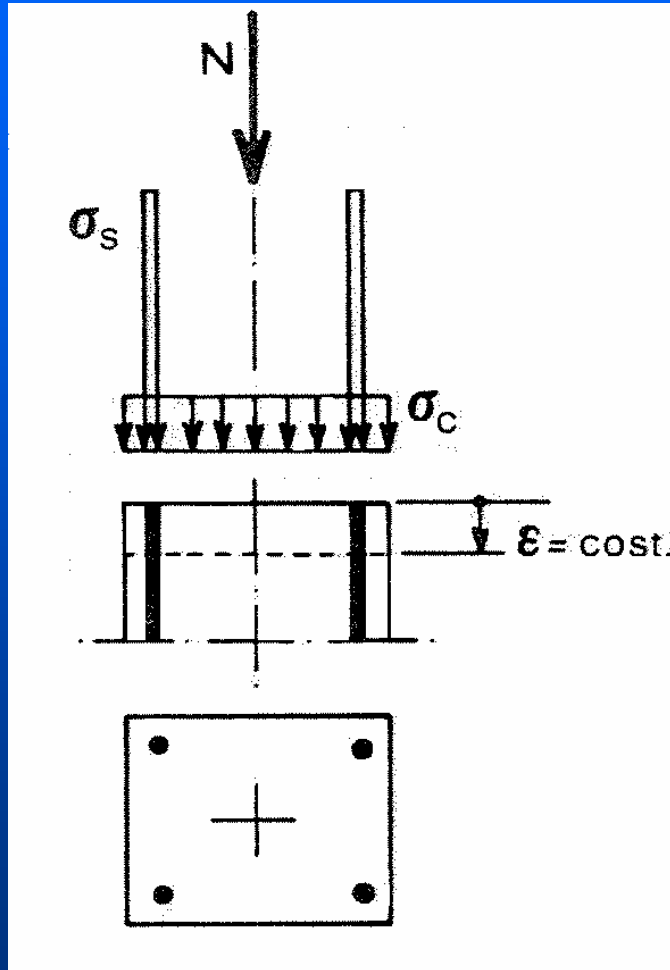
$$V_{Rd} = 0,9da_{sw}f_{yd}\operatorname{ctg}\theta > V_{Ed}$$

$$V_{Rd\max} = 0,9db_wvf_{cd}\frac{1}{\operatorname{ctg}\theta + \operatorname{tg}\theta} > V_{Ed}$$

TRACCIATO ARMATURE



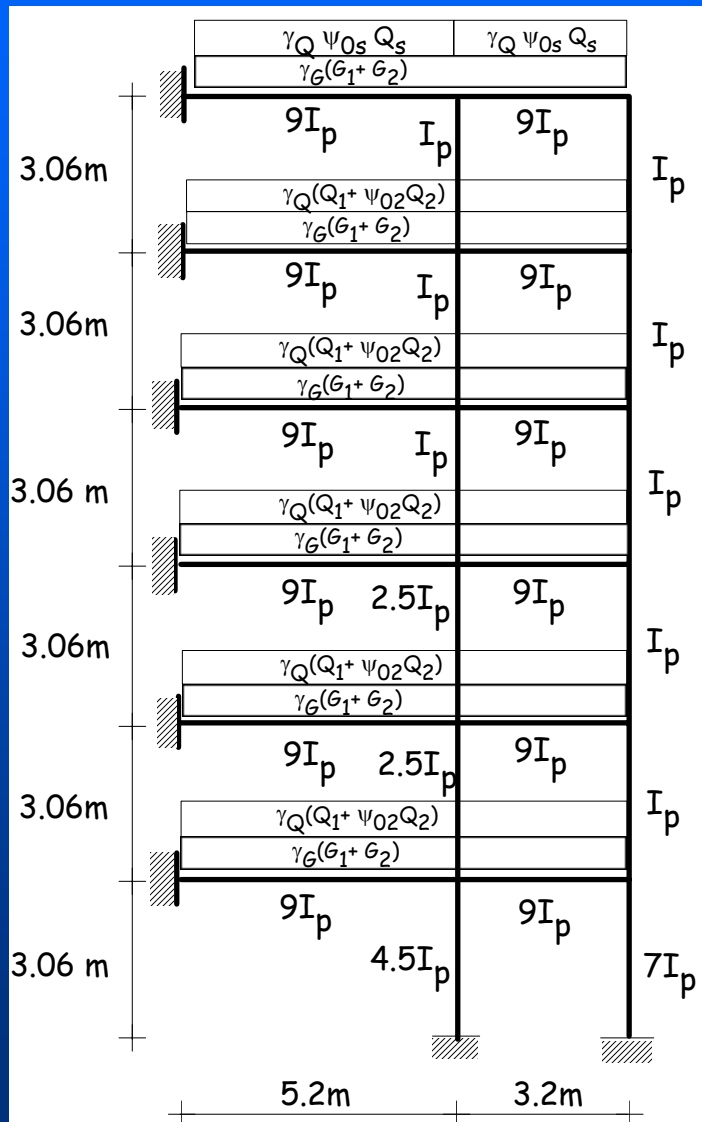
CALCOLO PILASTRI



RESISTENZA

$$N_{Rd} = A_c f_{cd} + A_s f_{yd} > N_{Ed}$$

PILASTRI DI BORDO

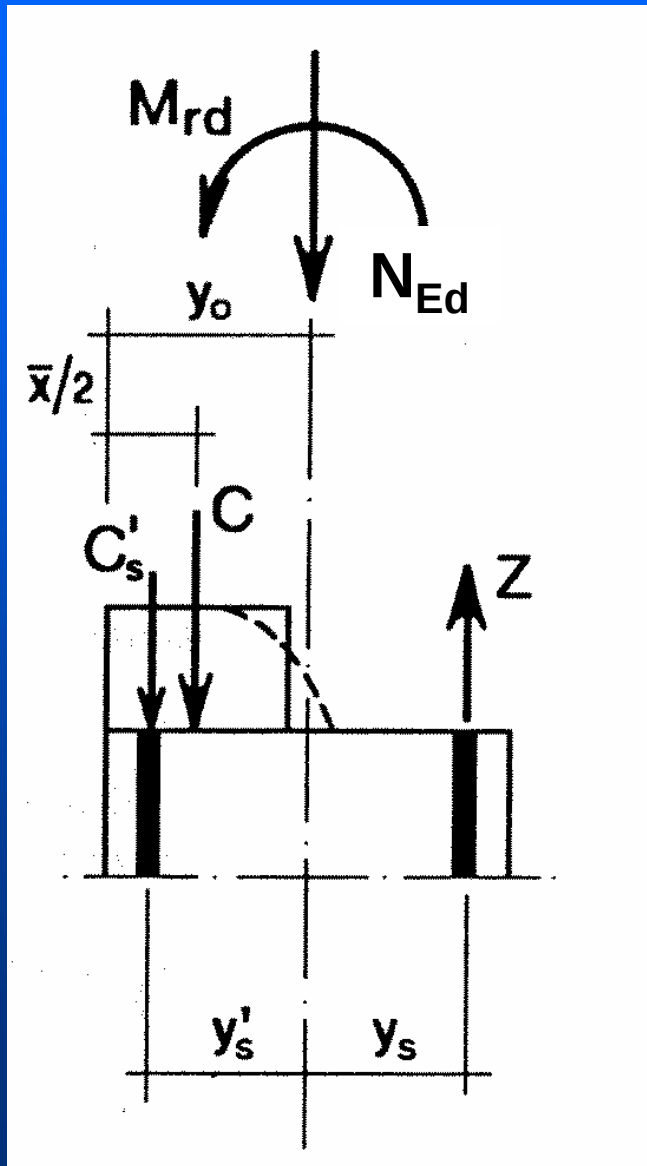


SCHEMA STATICO PARZIALE
a nodi fissi

previo controllo trascurabilità
effetti 2° ordine

$$F_{V,Ed} \leq 0.31 \frac{n_s}{1 + n_s} \frac{\sum E_{cd} I_c}{L^2}$$

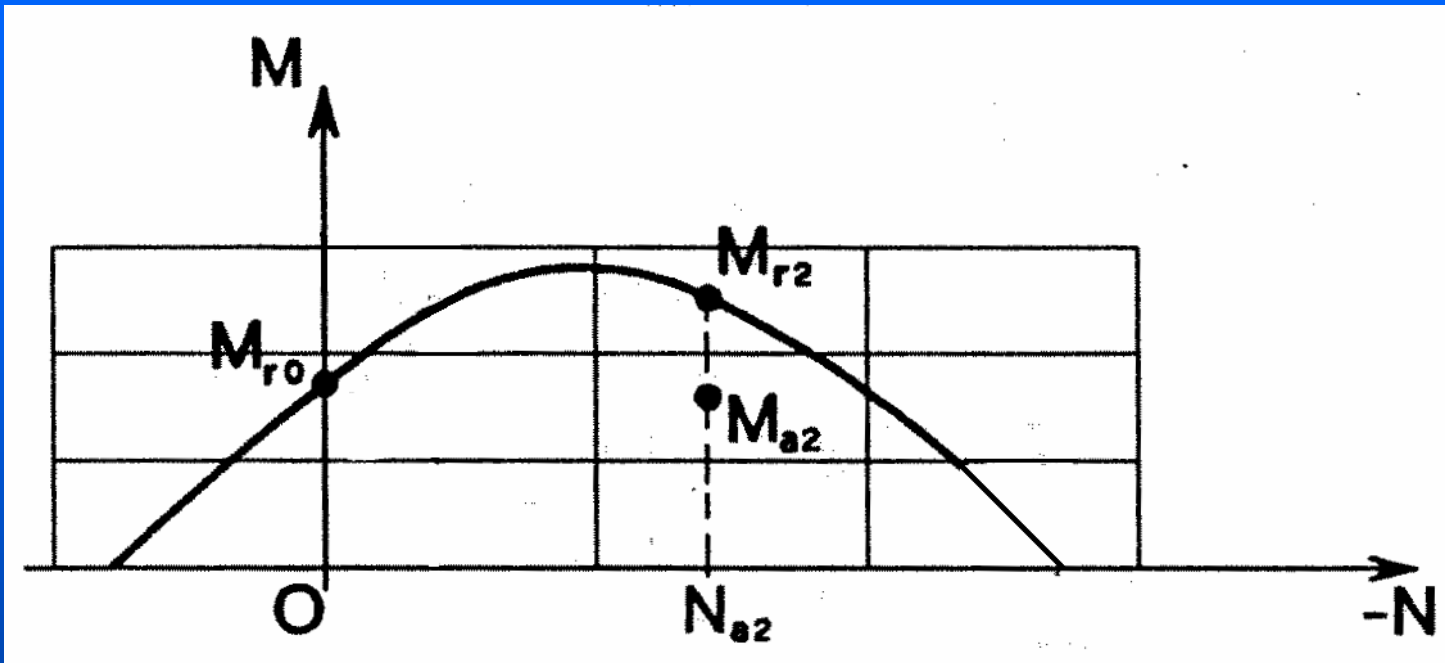
SEZIONE PRESSOINFLESSA



VERIFICA ANALITICA

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) > M_{Ed}$$

VERIFICA SLU M-N



$$b \bar{x} f_{cd} + A'_s f_{yd} - A_s f_{yd} = N_{Ed}$$

$$\bar{x} = (N_{Ed} + A_s f_{yd} - A'_s f_{yd}) / (b f_{cd})$$

$$M_{Rd} = b \bar{x} f_{cd} (y_c - \bar{x}/2) + A'_s f_{yd} y'_s - A_s f_{yd} y_s$$

VERIFICA SLE M-N

Equilibrio alla rotazione

(attorno al punto di applicazione di N_{Ed} : $e = M_{ed}/N_{Ed}$)

$$x^3 + 3\left(e - \frac{h}{2}\right)x^2 + \frac{6\alpha_e}{b}[A_s(e - 0.5h + d) + A'_s(e - 0.5h + d')]x - \frac{6\alpha_e}{b}[A_s d(e - 0.5h + d) + A'_s d'(e - 0.5h + d')] = 0$$

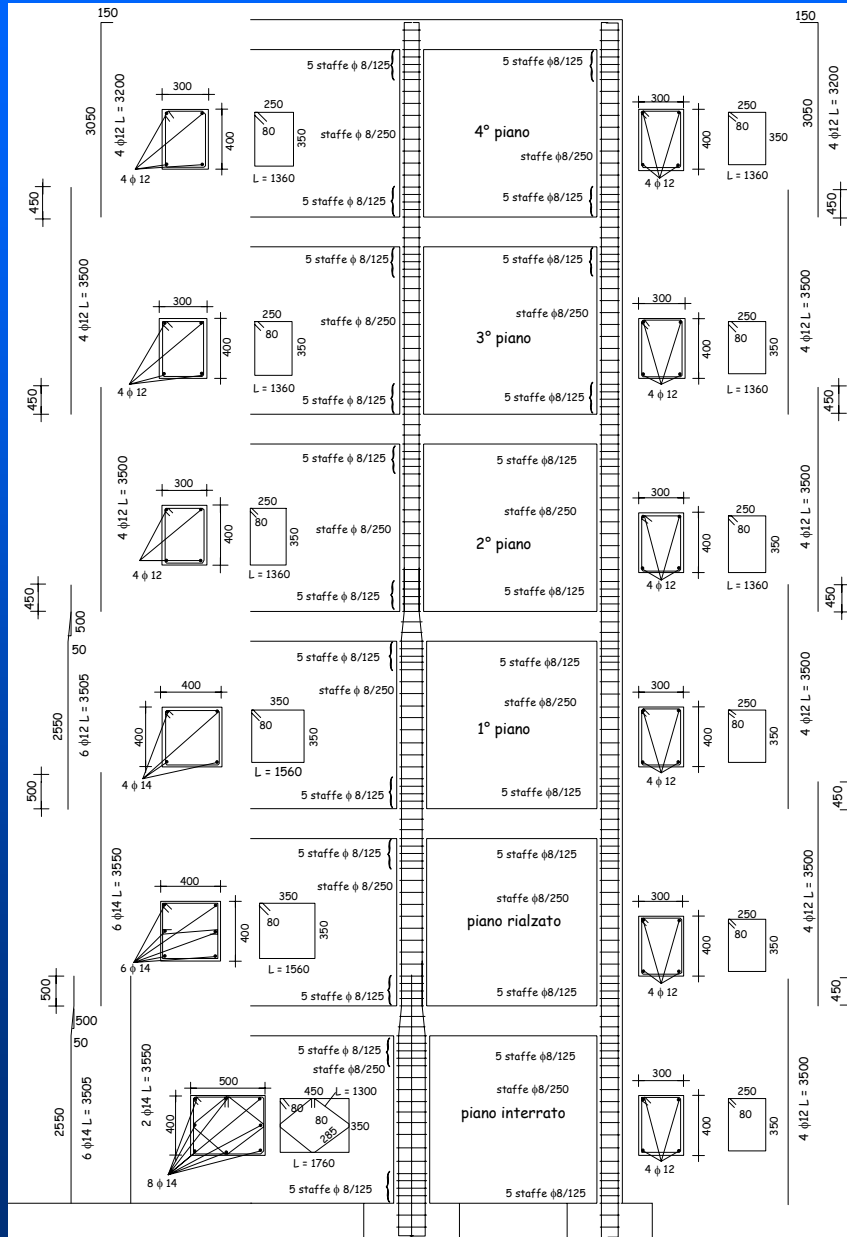
Equilibrio alla traslazione

$$\sigma_c = \frac{N}{\left[\frac{bx^2}{2} + \alpha_e A'_s (x - d') - \alpha_e A_s (d - x)\right]} x$$

$$\sigma_s = \alpha_e \sigma_c \frac{d - x}{x} \quad (\text{positivo se di trazione})$$

$$\sigma'_s = \alpha_e \sigma_c \frac{x - d'}{x} \quad (\text{positivo se di compressione})$$

TRACCIATO ARMATURE



Armatura longitudinale

$$\phi_{\text{long}} \geq 12 \text{ mm (NAD)}$$

$$A_s/A_c \geq 0.003 \text{ (NAD)}$$

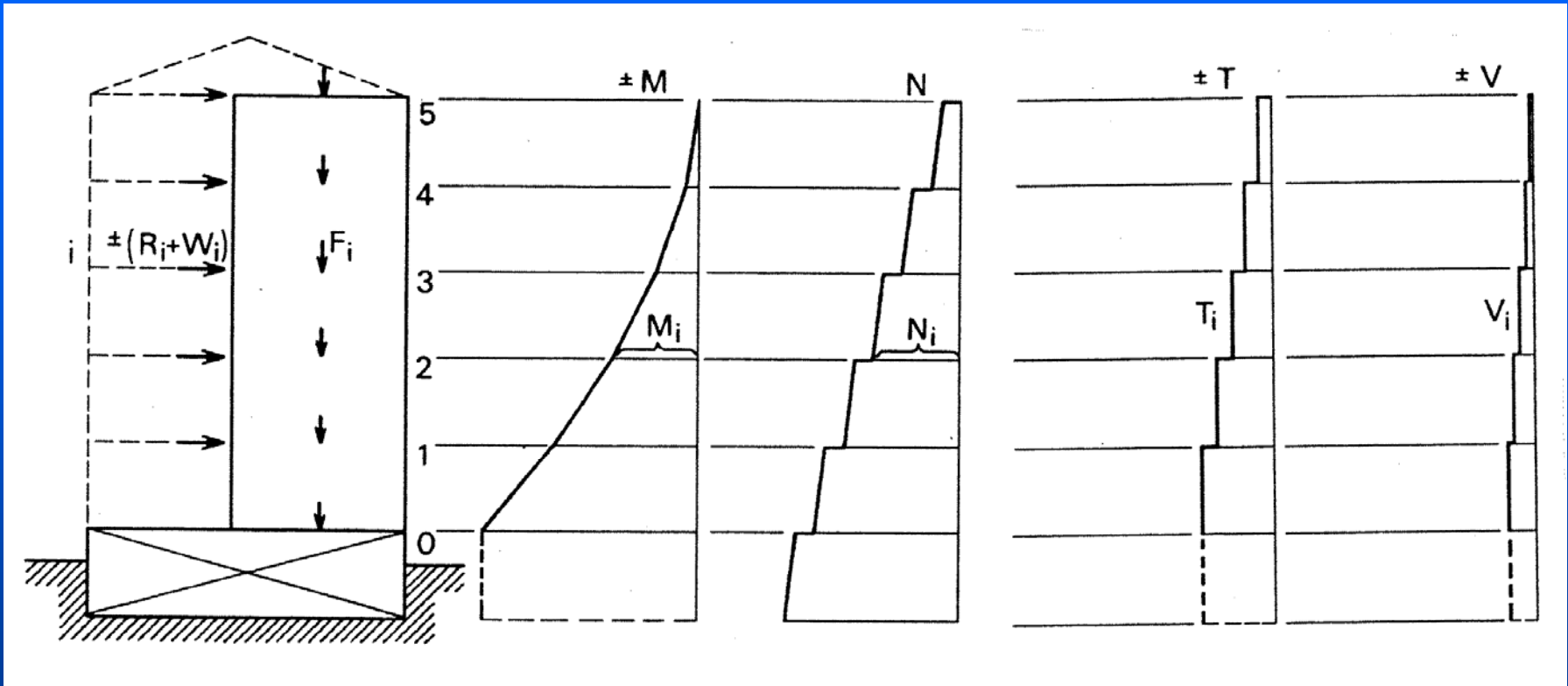
$$A_s \geq 0.10 N_{Ed}/f_{yd} \text{ (EC2)}$$

Armatura trasversale

$$\phi_{tr} \geq 0.25 \phi_{\text{long}}$$

$$s \leq \begin{matrix} 20 \phi_{\text{long}} \\ \text{lato minore sezione} \\ 400 \text{ mm} \\ \times 0.6 \text{ in testa e al piede} \end{matrix}$$

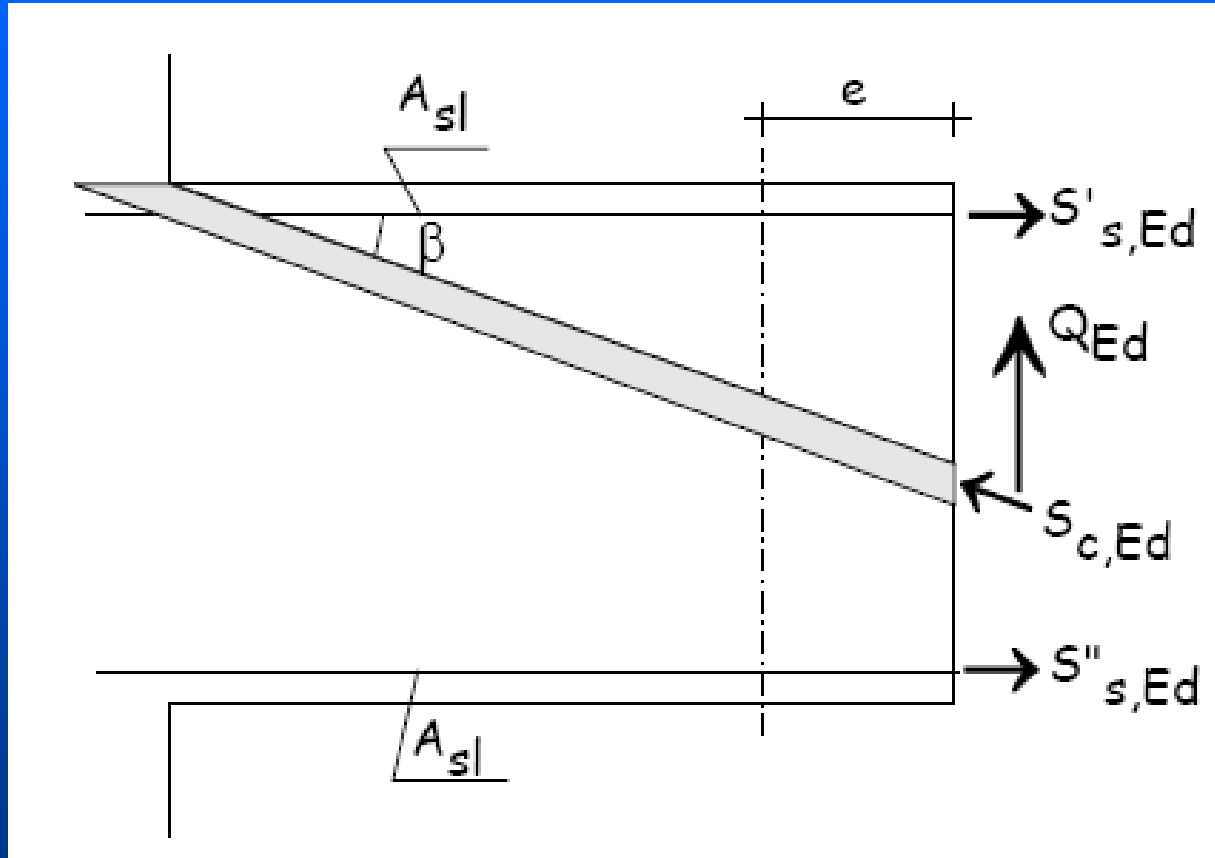
CALCOLO NUCLEO DI CONTROVENTO



VENTO + 0,005 PESI

COME SEMPRE

CALCOLO ARCHITRAVI



$$Q_{Ed} = \frac{V_i h_i}{z}$$

SCHEMA A TIRANTI E PUNTONI

TRACCIATO ARMATURE

Armatura verticale

$$A_s/A_c \geq 0.002 \text{ (per ciascuna faccia)}$$

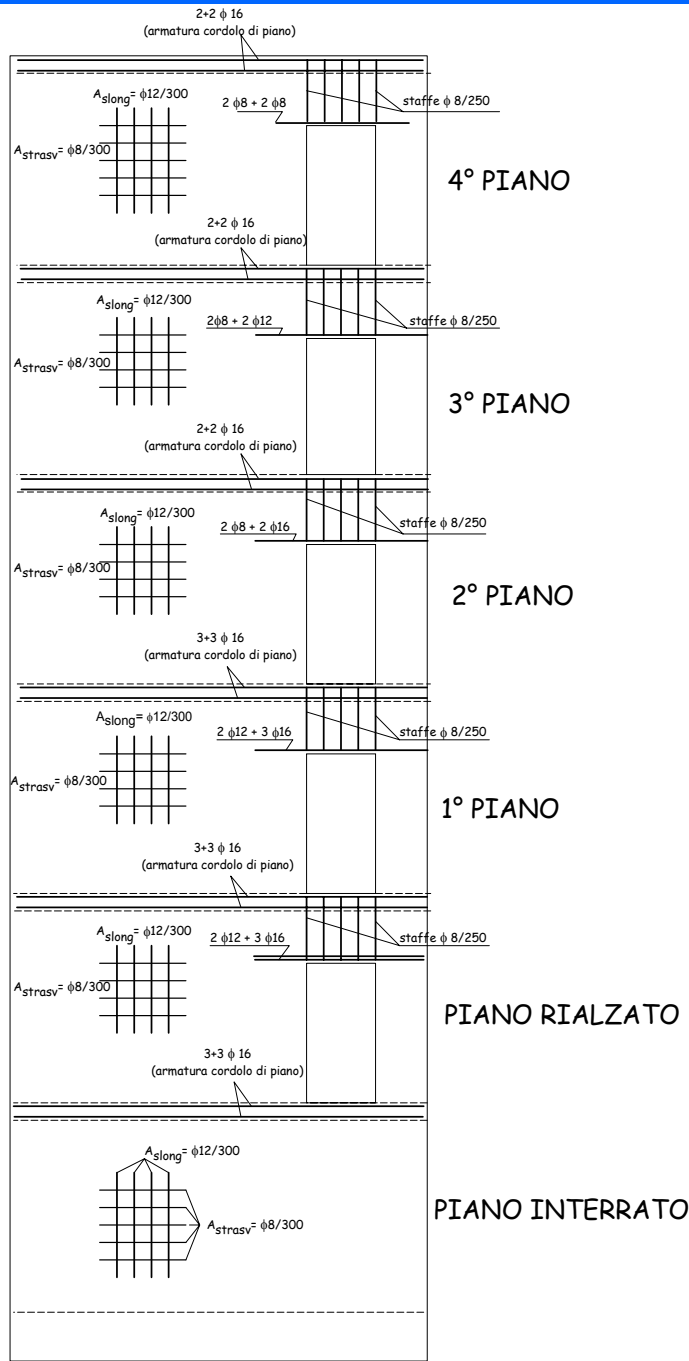
$$\text{spaziatura} \leq 3 \text{ volte spessore}$$

$$400 \text{ mm}$$

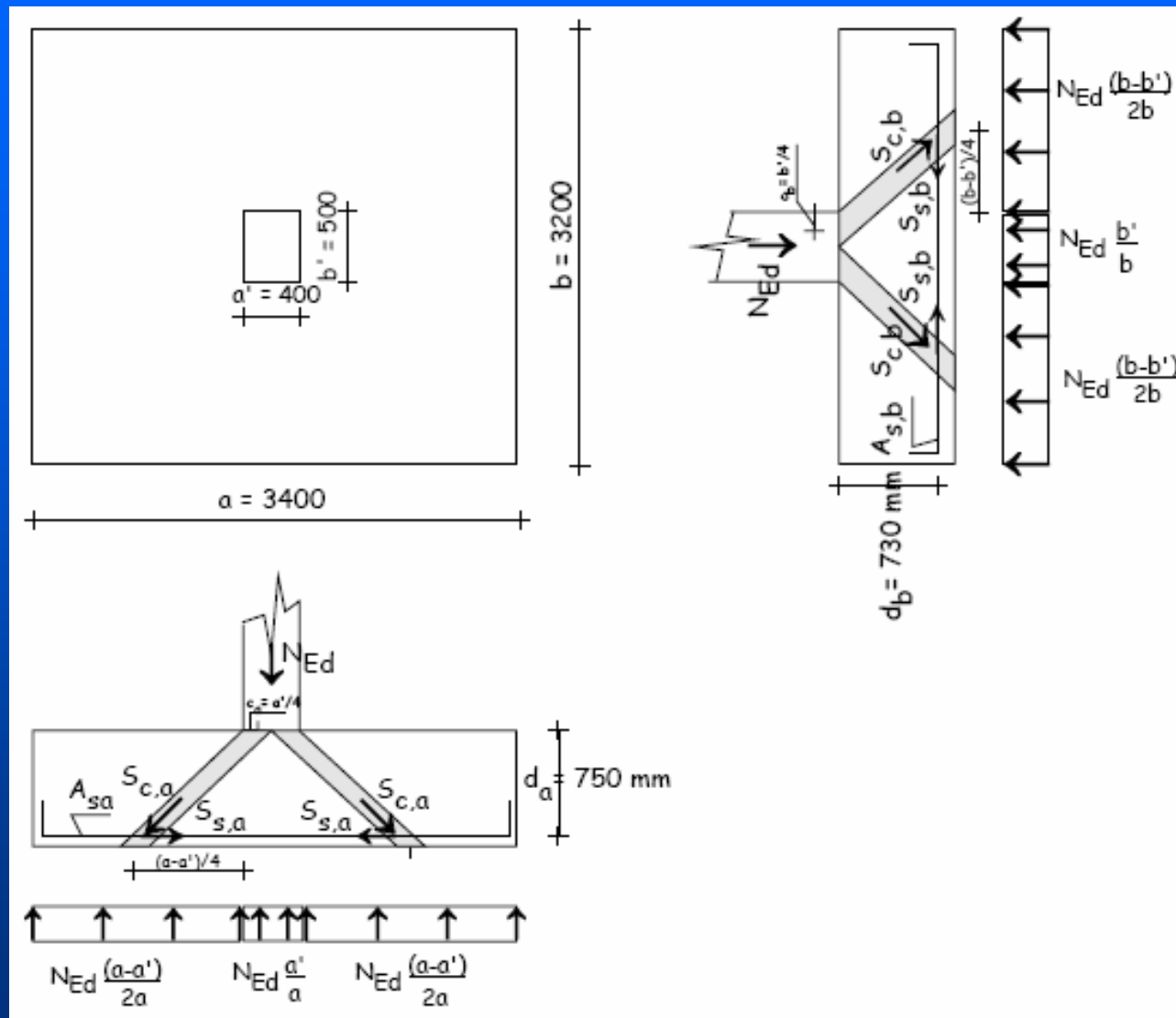
Armatura orizzontale

$$A_{sh} \geq 0.25 A_{sv}$$

$$A_{sh}/A_c \geq 0.001 \text{ (per ciascuna faccia)}$$



PLINTO DI FONDAZIONE



Schema a tiranti e puntoni

RESISTENZA ARMATURA

$$N_{Rds} = 2A_s f_{yd} / \operatorname{ctg} \theta_a + N_{0a} \quad (N_{0a} = N_{Ed} a' / a)$$

$$\operatorname{ctg} \theta = l_a / d_a \quad l_a = (a - a') / 4 + c_a$$

PORTANZA CALCESTRUZZO

$$N_{Rdc} = 2 \cdot 0,4 d_a b' f_{cd} / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta_a) + \\ + 2 \cdot 0,4 d_b a' f_{cd} / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta_b) + N_0$$

$$(N_0 = N_{Ed} (a' b') / (ab))$$

PORTANZA TERRENO (EN1997-1)

$$\begin{aligned}\xi &= \operatorname{tg}\varphi / \gamma_{\varphi} & \gamma_{\varphi} &= 1,25 \\ N_g &= N_g(\xi) & s &= 1 - 0,4b/a \\ N_{Rd} &= [abs N_g \gamma_{\text{terreno}} b / 2] / \gamma_R\end{aligned}$$

VERIFICA

$$\begin{aligned}N_{Rd} &> N_{Ed} \\ (\gamma_G &= 1,0 - \gamma_Q = 1,3) \\ \gamma_R &= 1.4\end{aligned}$$

TRACCIATO ARMATURE

