

Dimensionamento del solaio

Schemi statici individuati in carpenteria:

	Lunghezza	Spessore
Schema 1: <u>campata intermedia</u> $L/h \leq 25$	$L=570 \text{ cm}$	$h \geq 570/25 = 22,8 \text{ cm}$
Schema 2: <u>campata all'estremità</u> $L/h \leq 22$	$L=455 \text{ cm}$	$h \geq 245/22 = 20,7 \text{ cm}$
Schema 3: <u>trave appoggiata-appoggiata</u> $L/h \leq 20$	$L=455 \text{ cm}$	$h \geq 455/20 = 22,8 \text{ cm}$
Schema 4: <u>trave a spessore</u> $L_s/h \leq 20$	$L_s=570 \text{ cm}$	$h \geq 570/20 = 28,5 \text{ cm}$
Schema 5: <u>sbalzo</u> $L_{sb}/h \leq 8$	$L_{sb}=245 \text{ cm}$	$h \geq 245/8 = 30,6 \text{ cm}$

Per il calcolo dello spessore dello sbalzo è stato preso come limite 8, anziché 7, considerando il balcone poco sollecitato.

A seguito dei calcoli effettuati, si è optato per un **solaio di 28 cm**, con tale spessore verranno costruiti anche i **balconi**. Il solaio in questione è realizzato con pignatte del tipo 24x25x40 cm, sormontate da una soletta di spessore 4 cm. Gli appartamenti saranno dotati di riscaldamento autonomo, soluzione compatibile con l'impiego di un massetto alleggerito, a base di argilla espansa, dello spessore di 8 cm.

Analisi dei carichi unitari

CARICO DEL SOLAIO

PESO PROPRIO

soletta in c.a.	$1 \times 1 \times 0,04 \times 25 =$	1,00	kN/m^2
travetti	$2 \times 0,10 \times 0,24 \times 1 \times 25 =$	1,20	kN/m^2
pignatte	$8 \times 0,095 \times 1 =$	0,76	kN/m^2
	TOT.	2,96	kN/m^2

CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

massetto alleggerito	$1 \times 1 \times 0,08 \times 10 =$	0,80	kN/m^2
malta di allettamento	$1 \times 1 \times 0,01 \times 18 =$	0,18	kN/m^2
pavimento in gres porcellanato	$1 \times 1 \times 0,01 \times 21 =$	0,21	kN/m^2
intonaco	$1 \times 1 \times 0,01 \times 18 =$	0,18	kN/m^2
	TOT.	1,37	kN/m^2

CARICHI PERMANENTI NON COMPIUTAMENTE DEFINITI

TRAMEZZI di laterizi forati

laterizi (8 cm)	$1 \times 0,08 \times 3 \times 6 =$	1,44	kN/m
intonaco	$1 \times 0,02 \times 3 \times 18 =$	1,08	kN/m

TOT. 2,52 kN/m

da normativa per $2,00 \text{ kN/m} < G < 3,00$

kN/m ottengo un peso equivalente per m^2 TOT. 1,20 kN/m^2

CARICO VARIABILE

Categoria A_Ambiente ad uso residenziale	$q_k =$	2,00	kN/m^2
--	---------	------	-----------------

CARICO DEL BALCONE**PESO PROPRIO**

soletta in c.a.	$1 \times 1 \times 0,04 \times 25 =$	1,00	kN/m^2
travetti	$2 \times 0,10 \times 0,24 \times 1 \times 25 =$	1,20	kN/m^2
pignatte	$8 \times 0,095 \times 1 =$	0,76	kN/m^2
	TOT.	2,96	kN/m^2

CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

massetto alleggerito	$1 \times 1 \times 0,035 \times 10 =$	0,35	kN/m^2
malta di allettamento	$1 \times 1 \times 0,01 \times 18 =$	0,18	kN/m^2
pavimento in gres porcellanato	$1 \times 1 \times 0,01 \times 21 =$	0,21	kN/m^2
intonaco	$1 \times 1 \times 0,02 \times 18 =$	0,36	kN/m^2
	TOT.	1,10	kN/m^2

CARICO VARIABILE

Categoria C_Amb. suscettibile affollamento	$q_k =$	4,00	kN/m^2
--	---------	------	-----------------

TAMPONATURA ESTERNA

intonaco	$1 \times 0,03 \times 3 \times 18 =$	1,62	kN/m
laterizi (8 cm)	$1 \times 0,08 \times 3 \times 7,8 =$	1,87	kN/m
laterizi (12 cm)	$1 \times 0,12 \times 3 \times 7,5 =$	2,70	kN/m
isolante in lana di roccia	$1 \times 0,06 \times 3 \times 0,75 =$	0,14	kN/m
	TOT.	6,19	
	TOT.	5,06	kN/m

(il risultato totale, per tener conto delle bucatore, è stato moltiplicato per 0,8)

TRAVI

TRAVI EMERGENTI Dimensioni ipotizzate
30cm X 50cm

trave	$0,3 \times 0,5 \times 1 \times 25 =$	3,75	kN/m
peso solaio (da sottrarre)	$0,3 \times 3,30 =$	0,99	kN/m
	TOT.	2,76	kN/m

TRAVI A SPESSORE Dimensioni ipotizzate
60 cm X 28 cm

trave	$0,28 \times 0,6 \times 1 \times 25 =$	4,20	kN/m
peso solaio (da sottrarre)	$0,6 \times 3,30 =$	1,98	kN/m
	TOT.	2,22	kN/m

SCALA COMUNE

Tipologia a soletta rampante

RAMPA

PESO PROPRIO

soletta in c.a. 24 cm

$$\alpha = \arctg(a/p) = \arctg(165/300) = 29^\circ$$

$$\cos 29^\circ = 0,88$$

$$1 \times (1/\cos \alpha) \times 0,24 \times 25 = 1 \times (1/0,88) \times 0,24 \times 25 = 6,82 \quad \text{kN/m}^2$$

CARICHI PERMANENTI COMPIUTAMENTE DEFINITI

$$\text{gradini (a=16,5 cm)} \quad (1/0,3) \times [(0,165 \times 0,3)/2] \times 24 = 1,98 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{intonaco} \quad 1 \times (1/0,88) \times 0,01 \times 18 = 0,20 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{malta di allettamento} \quad 1 \times 1 \times 0,02 \times 21 = 0,42 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{pavimento in marmo} \quad 1 \times 1 \times 0,02 \times 27 = 0,54 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{TOT.} \quad 3,14 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{TOT. SULLA RAMPA} \quad 9,96 \quad \text{kN/m}^2$$

CARICO VARIABILE

$$\text{Categoria C_Amb. suscettibile affollamento} \quad q_k = 4,00 \quad \text{kN/m}^2$$

PIANEROTTOLO

PESO PROPRIO

$$\text{soletta in c.a. 28 cm} \quad 1 \times 1 \times 0,04 \times 25 = 1,00 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{travetti} \quad 2 \times 0,10 \times 0,24 \times 1 \times 25 = 1,20 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{pignatte} \quad 8 \times 0,095 \times 1 = 0,76 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{TOT.} \quad 2,96 \quad \text{kN/m}^2$$

CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

$$\text{intonaco} \quad 1 \times 1 \times 0,01 \times 18 = 0,18 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{malta di allettamento} \quad 1 \times 1 \times 0,02 \times 21 = 0,42 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{pavimento in marmo} \quad 1 \times 1 \times 0,02 \times 27 = 0,54 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{TOT.} \quad 1,14 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{TOT. SUL PIANEROTTOLO} \quad 4,10 \quad \text{kN/m}^2$$

CARICO VARIABILE

$$\text{Categoria C_Amb. suscettibile affollamento} \quad q_k = 4,00 \quad \text{kN/m}^2$$

SCALA DUPLEX

Tipologia a soletta rampante

RAMPA

PESO PROPRIO

soletta in c.a. 23 cm

$$\alpha = \arctg(a/p) = \arctg(165/250) = 33^\circ$$

$$\cos 33^\circ = 0,84$$

$$1 \times (1/\cos \alpha) \times 0,23 \times 25 = 1 \times (1/0,84) \times 0,23 \times 25 = 6,85 \quad \text{kN/m}^2$$

CARICHI PERMANENTI COMPIUTAMENTE DEFINITI

$$\text{gradini (a=16,5 cm)} \quad (1/0,25) \times [(0,165 \times 0,25)/2] \times 24 = 1,98 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{intonaco} \quad 1 \times (1/0,84) \times 0,01 \times 18 = 0,21 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{malta di allettamento} \quad 1 \times 1 \times 0,02 \times 21 = 0,42 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{pavimento in marmo} \quad 1 \times 1 \times 0,02 \times 27 = 0,54 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{TOT.} \quad 3,15 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{TOT. SULLA RAMPA} \quad 10,00 \quad \text{kN/m}^2$$

CARICO VARIABILE

$$\text{Categoria C_Amb. suscettibile affollamento} \quad q_k = 4,00 \quad \text{kN/m}^2$$

PIANEROTTOLO

PESO PROPRIO

$$\text{soletta in c.a. 28 cm} \quad 1 \times 1 \times 0,28 \times 25 = 7,00 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{TOT.} \quad 7,00 \quad \text{kN/m}^2$$

CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

$$\text{intonaco} \quad 1 \times 1 \times 0,01 \times 18 = 0,18 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{malta di allettamento} \quad 1 \times 1 \times 0,02 \times 21 = 0,42 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{pavimento in marmo} \quad 1 \times 1 \times 0,02 \times 27 = 0,54 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{TOT.} \quad 1,14 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{TOT. SUL PIANEROTTOLO} \quad 8,14 \quad \text{kN/m}^2$$

CARICO VARIABILE

$$\text{Categoria C_Amb. suscettibile affollamento} \quad q_k = 4,00 \quad \text{kN/m}^2$$

Riepilogo dei carichi unitari

CARICHI UNIT.	g_k		q_k	g_d		q_d	
	PERMANENTI	TRAMEZZI		PERMANENTI	TRAMEZZI		
Solaio	4,33	1,20	2,00	5,63	1,80	3,00	kN/m ²
Balcone	4,06	-	4,00	5,28	-	6,00	kN/m ²
Tamp. esterna	5,06	-	-	6,58	-	-	kN/m
Travi emergenti	2,76	-	-	3,59	-	-	kN/m
Travi a spessore	2,22	-	-	2,89	-	-	kN/m
Scala comune:							
rampa	9,96	-	4,00	12,95	-	6,00	kN/m ²
pianerottolo	4,10	-	4,00	5,33	-	6,00	kN/m ²
Scala duplex:							
rampa	10,00	-	4,00	13,00	-	6,00	kN/m ²
pianerottolo	8,14	-	4,00	10,58	-	6,00	kN/m ²

Scelta del calcestruzzo e del ricoprimento minimo

Classe di esposizione: XC3 (Moderatamente umido) --> corrosione dell'armatura promossa da carbonatazione

Dalle Norme Tecniche 2008 alla classe di esposizione XC3 è associato un ambiente ordinario.

Classe di resistenza: per la XC3 la classe di resistenza minima è la **C 25/30** ed è quella che scelgo per il mio progetto.

RICOPRIMENTO

Per travi emergenti e pilastri (esterno dell'edificio):

$$r_{\min} = 25 \text{ cm}$$

$$r = r_{\min} + \Delta r \quad \text{con } \Delta r = 5 \text{ mm (verranno utilizzati dei distanziatori in fase esecutiva)}$$

$$r = 25 + 5 = 30 \text{ mm}$$

Classe di esposizione: XC1 (Asciutto) --> corrosione dell'armatura promossa da carbonatazione

Dalle Norme Tecniche 2008 alla classe di esposizione XC1 è associato un ambiente ordinario.

Classe di resistenza: per la XC1 la classe di resistenza minima è la **C 25/30** ed è quella che scelgo per il mio progetto.

RICOPRIMENTO

Per travi a spessore e solai (interno dell'edificio):

$$r_{\min} = 20 \text{ cm}$$

$$r = r_{\min} + \Delta r \quad \text{con } \Delta r = 5 \text{ mm (verranno utilizzati dei distanziatori in fase esecutiva)}$$

$$r = 20 + 5 = 25 \text{ mm}$$

Scelta delle barre

L'acciaio usato per le barre è del tipo **B450C**.

In particolare verranno usati questi diametri:

Ø 8 adoperato per le STAFFE
 con un passo di 15 cm (10 cm all'estremità)

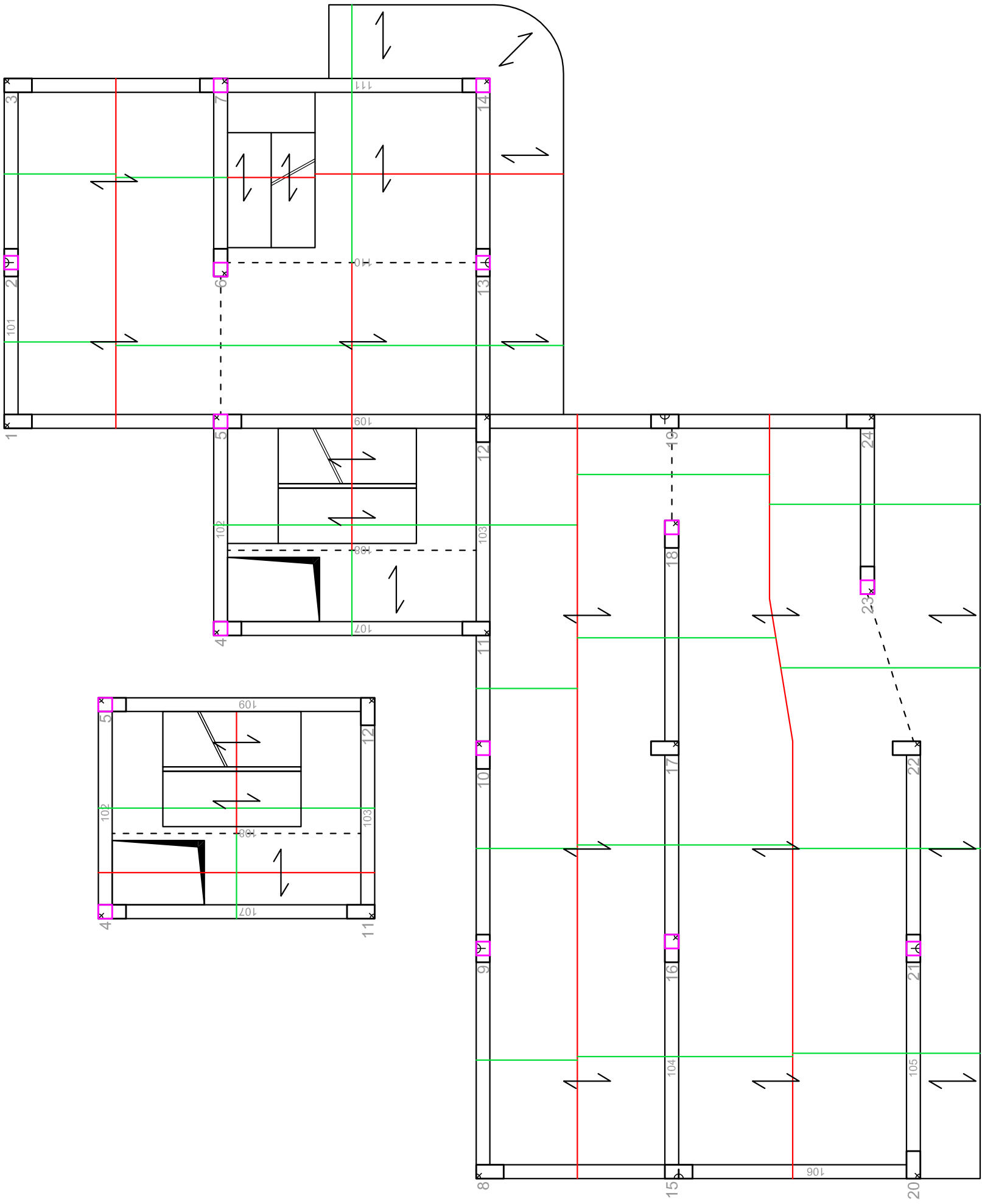
Ø 10 Ø 14 adoperato nei SOLAI

Ø 14 Ø 20 adoperato per TRAVI e PILASTRI

Valori utili

CEMENTO (C 25/30)			
Resistenza a compressione caratteristica	f_{ck}	25,00	MPa
Resistenza a compressione di progetto	f_{cd}	14,17	MPa
Resistenza a trazione media	f_{ctm}	2,56	MPa
Resistenza a trazione caratteristica	f_{ctk}	1,79	MPa
Resistenza a trazione per flessione	f_{cfk}	2,15	MPa
Modulo di elasticità medio	E_{cm}	31475,00	MPa
Resistenza a compressione media	f_{cm}	33,00	MPa

ACCIAIO (B450C)			
Tensione di snervamento caratteristica	f_{yk}	450,00	MPa
Tensione di snervamento di progetto	f_{yd}	391,30	MPa
Modulo di elasticità	E_s	200000,00	MPa



AREE D' INFLUENZA

PILASTRO 1

Soleio

$$A_i = (2,28 \times 1) \times (173,1) = 3,95 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (2,28 \times 1) + (1,73 \times 1) = 4,01 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 4,01 \text{ m}$$

PILASTRO 2

Soleio

$$A_i = (2,28 \times 1) \times (3,65 \times 1,2) = 9,98 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = 3,65 \times 1,2 = 4,38 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 4,38 \text{ m}$$

PILASTRO 3

Soleio

$$A_i = (2,28 \times 1) \times (1,93 \times 1) = 4,40 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (1,93 \times 1) + (2,28 \times 1) = 4,21 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 4,21 \text{ m}$$

PILASTRO 4

Pionerottolo comune (soleio)

$$A_i = [(2,85 \times 1) \times (2,25 \times 1)] - (0,40 \times 2,85) = 6,41 - 1,14 = 5,27 + 0,50 = 5,77 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (2,85 \times 1) + (2,25 \times 1) = 5,1 \text{ m}$$

Trave e spessore

$$L_i = 2,85 \text{ m}$$

Rempe comune

$$A_i = 0,4 \times 1,6 = 0,64 \text{ m}^2$$

Temperatura

$$L_i = 5,1 \text{ m}$$

PILASTRO 5

Soleo

$$A_i = [(2,27 \times 1,2) \times (1,65 \times 1)] + [(2,85 \times 1,1) \times (1,65 \times 1)] = 9,67 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (2,27 \times 1,2) + (2,85 \times 1,1) + (2,25 \times 1,2) = 8,56 \text{ m}$$

Rempe comune

$$A_i = [(1,6 \times 1) \times (0,8 \times 1,2)] + [(1,6 \times 1) \times (1,2 \times 1,2)] = 3,84 \text{ m}^2$$

Pienerottolo comune

$$A_i = (1,25 \times 1) \times (2,25 \times 1,2) = 3,38 \text{ m}^2$$

Temperatura

$$L_i = 8,56 \text{ m}$$

Trave e spessore

$$L_i = 1,65 \times 1 = 1,65 \text{ m}$$

PILASTRO 6

Soleo

$$A_i = [(2,27 \times 1) \times (2,00 \times 1,2)] + [(2,27 \times 1,2) \times (1,65 \times 1)] + [(2,85 \times 1,1) \times (1,65 \times 1)] + [(2,85 \times 1,93) - (1,52 \times 1,9)] = 17,73 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = 2,00 \times 1,2 = 2,40 \text{ m}$$

Rempe duplex

$$A_i = (1,52 \times 1) \times (1,9 \times 1) = 2,89 \text{ m}^2$$

Trave e spessore

$$L_i = (1,65 \times 1) + (2,85 \times 1) = 4,50 \text{ m}$$

PILASTRO 7

Solco

$$A_i = [(2,27 \times 1) \times (2,00 \times 1)] + [(1,93 \times 1,2) \times (0,80 \times 1,2)] = 6,76 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (2,27 \times 1,2) + (2,85 \times 1,2) + (2,00 \times 1) = 8,14 \text{ m}$$

Rampa duplex

$$A_i = (0,98 \times 1) \times (1,90 \times 1,2) = 2,23 \text{ m}^2$$

Pianerottolo duplex

$$A_i = (0,88 \times 1) \times (1,90 \times 1,2) = 2,01 \text{ m}^2$$

Belcone

$$A_i = 1,75 \times [(0,50 + 0,50) \times 1,2] = 2,10 \text{ m}^2$$

Temperatura

$$L_i = (2,27 \times 1,2) + (2,85 \times 1,2) = 6,14 \text{ m}$$

PILASTRO 8

Solco

$$A_i = (2,05 \times 1) \times (2,42 \times 1) = 4,96 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (2,05 \times 1) + (2,42 \times 1) = 4,47 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 4,47 \text{ m}$$

PILASTRO 9

Solco

$$A_i = [(2,05 \times 1) \times (2,43 \times 1,2)] + [(2,05 \times 1) \times (2,18 \times 1,1)] = 10,9 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (2,43 \times 1,2) + (2,18 \times 1,1) = 5,31 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 5,31 \text{ m}$$

PILASTRO 10

Solaio

$$A_i = (2,05 \times 2,18) + [(2,05 \times 1) \times (1,30 \times 1)] = 7,13 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (2,18 \times 1) + (1,30 \times 1) = 2,83 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 2,83 \text{ m}$$

PILASTRO 11

Solaio

$$A_i = [(2,05 \times 1) \times (1,30 \times 1,1)] + [(2,05 \times 1) \times (2,25 \times 1)] = 7,54 \text{ m}^2$$

Pionerottolo comune

$$A_i = [(1,85 \times 1) \times (2,85 \times 1)] + [(1,45 \times 1,2) \times (0,4 \times 1)] = 5,97 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (1,30 \times 1,1) + (2,25 \times 1) + (2,85 \times 1) = 6,53 \text{ m}$$

Trave a spessore

$$L_i = 2,85 \times 1 = 2,85 \text{ m}$$

Rampa comune

$$A_i = (1,40 \times 1,2) \times (0,4 \times 1) = 0,67 \text{ m}^2$$

Temperatura

$$L_i = 6,53 \text{ m}$$

PILASTRO 12

Solaio

$$A_i = [(2,05 \times 1,1) \times (2,25 \times 1)] + [(2,85 \times 1) \times (1,65 \times 1)] = 9,77 \text{ m}^2$$

Pionerottolo comune

$$A_i = [(1,45 \times 1,2) \times (2,25 \times 1)] = 3,92 \text{ m}^2$$

Rampa comune

$$A_i = [(1,40 \times 1,2) \times (0,80 \times 1)] + [(1,40 \times 1,2) \times (1,2 \times 1)] = 3,36 \text{ m}^2$$

Belcone

$$A_i = 1,75 \times (1,65 \times 1) = 2,89 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (2,25 \times 1) + (1,65 \times 1) + (2,85 \times 1) + (2,05 \times 1,1) = 9,00 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 9,00 \text{ m}^2$$

PILASTRO 13

Solaio

$$A_i = [(2,85 \times 1) \times (1,80 \times 1)] + [(1,93 \times 1) \times (2,85 \times 1)] = 10,63 \text{ m}^2$$

Belcone

$$A_i = [1,75 \times (1,80 \times 1)] + [1,75 \times (1,93 \times 1,2)] = 7,20 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (1,80 \times 1) + (1,93 \times 1,2) = 4,12 \text{ m}$$

Trave a spessore

$$L_i = 2,85 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 4,12 \text{ m}$$

PILASTRO 14

Solaio

$$A_i = 1,93 \times 2,85 = 5,50 \text{ m}^2$$

Belcone

$$A_i = [(1,75 \times 3,68) + (1,75 \times 2,85)] = 11,43 \text{ m}^2$$

Travi emergenti

$$L_i = 1,93 + 2,85 = 4,78 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 4,78 \text{ m}$$

PILASTRO 15

Soleo

$$A_i = [(2,05 \times 1,2) \times (2,50 \times 1)] + [(2,63 \times 1,1) \times (2,50 \times 1)] = 13,38 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (2,05 \times 1,2) + (2,63 \times 1,2) + (2,50 \times 1) = 8,12 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = (2,05 \times 1,2) + (2,63 \times 1,2) = 5,62 \text{ m}$$

PILASTRO 16

Soleo

$$A_i = [(2,05 \times 1,2) \times (2,50 \times 1,2)] + [(2,05 \times 1,2) \times (2,10 \times 1,1)] + \\ + [(2,63 \times 1,1) \times (2,50 \times 1,2)] + [(2,63 \times 1,1) \times (2,10 \times 1,1)] = 28,42 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (2,50 \times 1,2) + (2,10 \times 1,1) = 5,31 \text{ m}$$

PILASTRO 17

Soleo

$$A_i = (2,05 \times 1,2) \times [(2,10 + 2,40) \times 1] + [(2,63 \times 1,1) \times (2,25 \times 1)] + \\ + [(2,44 \times 1) \times 2,25] = 23,07 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = 2,10 + 2,40 = 4,50 \text{ m}$$

PILASTRO 18

Soleo

$$A_i = [(2,05 \times 1,2) \times (2,40 \times 1)] + [(2,05 \times 1) \times (1,15 \times 1,2)] + [(2,19 \times 1) \times (0,85 \times 1)] + \\ + [(2,13 \times 1) \times (1,55 \times 1)] + [(2,13 \times 1) \times (1,15 \times 1,2)] = 16,84 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = 2,40 \text{ m}$$

Trave e spessore

$$L_i = 1,15 \times 1,2 = 1,38 \text{ m}$$

PILASTRO 19

Solero

$$A_i = [(2,05 \times 1) \times (1,15 \times 1)] + [(2,13 \times 1) \times (1,15 \times 1)] = 4,81 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (2,05 \times 1) + (2,13 \times 1,2) = 4,61 \text{ m}$$

Trave a spessore

$$L_i = 1,15 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 4,61 \text{ m}$$

PILASTRO 20

Solero

$$A_i = (2,63 \times 1) \times (2,43 \times 1) = 6,39 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = 2,63 + 2,43 = 5,06 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 5,06 \text{ m}$$

Balcone

$$A_i = 1,45 \times 2,58 = 3,74 \text{ m}$$

PILASTRO 21

Solero

$$A_i = [(2,63 \times 1) \times (2,43 \times 1,2)] + [(2,63 \times 1) \times (2,18 \times 1,1)] = 13,98 \text{ m}^2$$

Balcone

$$A_i = [1,45 \times (2,43 \times 1,2)] + [1,45 \times (2,18 \times 1,1)] = 7,71 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = (2,43 \times 1,2) + (2,18 \times 1,1) = 5,31 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 5,31 \text{ m}$$

PILASTRO 22

Solero

$$A_i = [(2,63 \times 1) \times (2,33 \times 1)] + [(2,56 \times 1) \times (1,60 \times 1)] = 10,22 \text{ m}^2$$

Balcone

$$A_i = [1,45 \times (2,33 \times 1)] + [1,70 \times (1,60 \times 1)] = 6,10 \text{ m}^2$$

Trave emergente

$$L_i = 2,18 \text{ m}$$

Trave a spessore

$$L_i = 1,68 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 2,18 + 0,70 + 1,75 = 4,63 \text{ m}$$

PILASTRO 23

Solero

$$A_i = [(2,25 \times 1,1) \times (1,50 \times 1,1)] + [(2,13 \times 1,1) \times (2,05 \times 1,2)] = 9,85 \text{ m}^2$$

Balcone

$$A_i = [2,20 \times (1,50 \times 1,1)] + [2,45 \times (2,05 \times 1,2)] = 9,66 \text{ m}^2$$

Travi emergenti

$$L_i = 1,80 \times 1,2 = 2,16 \text{ m}$$

Travi a spessore

$$L_i = 1,68 \times 1,1 = 1,85 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = (1,75 \times 1,1) + (1,80 \times 1,2) = 4,09 \text{ m}$$

PILASTRO 24

Solero

$$A_i = (2,13 \times 1,1) \times 1,80 = 4,22 \text{ m}^2$$

Balcone

$$A_i = 2,45 \times (1,95 \times 1) = 4,78 \text{ m}^2$$

Travi emergenti

$$L_i = 1,80 + 2,13 = 3,93 \text{ m}$$

Temperatura

$$L_i = 3,93 \text{ m}$$

Dimensionamento pilastri

L'edificio è costituito dal 8 piani, prevediamo che il carico variabile sia massimo negli ultimi due piani e che mano mano poi si riduca del 10% ad ogni piano, in ogni caso non deve essere mai minore del
Per tale motivo, otteniamo in questo modo un valore medio da applicare ai carichi variabili:

numero piano	q_d
8	1
7	1
6	0,9
5	0,8
4	0,7
3	0,6
2	0,5
1	0,5

Facendo la media di tali valori ottengo: $0,75 q_d$

Dunque il carico unitario sarà dato da:

$$q = g_d + 0,75 q_d$$

Bisognerà anche considerare il peso proprio dei pilastri, calcolato nel seguente modo:

$$p.p. = (n^\circ \text{ piani} / 100) \times q_{TOT}$$

Per calcolare la sezione di c.l.s. (A_c), useremo la formula:

$$A_c = N_{ed} / f_{cd}$$

Per calcolare la sezione dell'armatura (A_s), useremo le formule:

$$A_s = (0,2 N_{ed}) / f_{yd}$$

$$A_{s,min} = 0,6\% A_c$$

per poi andare a scegliere il più grande tra A_s e $A_{s,min}$

PILASTRO 1

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	3,95	9,68	38,23	kN
Trave emerg.	4,01	3,59	14,39	kN
Trave spessore	0,00	2,89	0,00	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	4,01	6,58	26,39	kN
		q_{TOT}	79,01	kN
P. p. pilastro			6,32	kN
		TOT.	85,33	kN

PILASTRO 1								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	85,33	60,22	30x30	900	0,44	5,40	4Ø14	6,16
7	170,65	120,43	30x30	900	0,87	5,40	4Ø14	6,16
6	255,98	180,65	30x30	900	1,31	5,40	4Ø14	6,16
5	341,31	240,87	30x30	900	1,74	5,40	4Ø14	6,16
4	426,63	301,08	30x30	900	2,18	5,40	4Ø14	6,16
3	511,96	361,30	30x30	900	2,62	5,40	4Ø14	6,16
2	597,29	421,51	30x30	900	3,05	5,40	4Ø14	6,16
1	682,61	481,73	30x30	900	3,49	5,40	4Ø14	6,16

PILASTRO 2

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	9,98	9,68	96,60	kN
Trave emerg.	4,38	3,59	15,72	kN
Trave spessore	0,00	2,89	0,00	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	4,38	6,58	28,82	kN
		q_{TOT}	141,13	kN
P. p. pilastro			11,29	kN
		TOT.	152,42	kN

PILASTRO 2								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	152,42	107,57	30x30	900	0,78	5,40	4Ø14	6,16
7	304,85	215,14	30x30	900	1,56	5,40	4Ø14	6,16
6	457,27	322,70	30x30	900	2,34	5,40	4Ø14	6,16
5	609,69	430,27	30x30	900	3,12	5,40	4Ø14	6,16
4	762,12	537,84	30x30	900	3,90	5,40	4Ø14	6,16
3	914,54	645,41	30x30	900	4,67	5,40	4Ø14	6,16
2	1066,96	752,97	30x30	900	5,45	5,40	4Ø14	6,16
1	1219,39	860,54	30x40	1200	6,23	7,20	6Ø14	9,24

PILASTRO 3

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	4,40	9,68	42,59	kN
Trave emerg.	4,21	3,59	15,11	kN
Trave spessore	0,00	2,89	0,00	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	4,21	6,58	27,70	kN
		q_{TOT}	85,40	kN
P. p. pilastro			6,83	kN
		TOT.	92,23	kN

PILASTRO 3								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	92,23	65,09	30x30	900	0,47	5,40	4Ø14	6,16
7	184,45	130,17	30x30	900	0,94	5,40	4Ø14	6,16
6	276,68	195,26	30x30	900	1,41	5,40	4Ø14	6,16
5	368,91	260,34	30x30	900	1,89	5,40	4Ø14	6,16
4	461,13	325,43	30x30	900	2,36	5,40	4Ø14	6,16
3	553,36	390,52	30x30	900	2,83	5,40	4Ø14	6,16
2	645,59	455,60	30x30	900	3,30	5,40	4Ø14	6,16
1	737,81	520,69	30x30	900	3,77	5,40	4Ø14	6,16

PILASTRO 4

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	0,00	9,68	0,00	kN
Trave emerg.	5,10	3,59	18,30	kN
Trave spessore	2,85	2,89	8,23	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,64	17,45	11,17	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	5,77	9,83	56,72	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	5,10	6,58	33,56	kN
		q_{TOT}	127,97	kN
P. p. pilastro			10,24	kN
		TOT.	138,21	kN

PILASTRO 4								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	138,21	97,53	30x30	900	0,71	5,40	4Ø14	6,16
7	276,41	195,07	30x30	900	1,41	5,40	4Ø14	6,16
6	414,62	292,60	30x30	900	2,12	5,40	4Ø14	6,16
5	552,82	390,14	30x30	900	2,83	5,40	4Ø14	6,16
4	691,03	487,67	30x30	900	3,53	5,40	4Ø14	6,16
3	829,23	585,20	30x30	900	4,24	5,40	4Ø14	6,16
2	967,44	682,74	30x30	900	4,94	5,40	4Ø14	6,16
1	1105,64	780,27	30x30	900	5,65	5,40	4Ø14	6,16

PILASTRO 5

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	9,67	9,68	93,60	kN
Trave emerg.	8,56	3,59	30,71	kN
Trave spessore	1,65	2,89	4,76	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	3,84	17,45	67,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	3,38	9,83	33,23	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	8,56	6,58	56,33	kN
		q_{TOT}	285,62	kN
P. p. pilastro			22,85	kN
		TOT.	308,47	kN

PILASTRO 5								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	308,47	217,69	30x30	900	1,58	5,40	4Ø14	6,16
7	616,94	435,39	30x30	900	3,15	5,40	4Ø14	6,16
6	925,42	653,08	30x30	900	4,73	5,40	4Ø14	6,16
5	1233,89	870,78	30x30	900	6,31	5,40	4Ø14	6,16
4	1542,36	1088,47	30x40	1200	7,88	7,20	6Ø14	9,24
3	1850,83	1306,16	30x50	1500	9,46	9,00	8Ø14	12,32
2	2159,30	1523,86	30x50	1500	11,04	9,00	8Ø14	12,32
1	2467,78	1741,55	30x60	1800	12,61	10,80	8Ø14	12,32

PILASTRO 6

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	17,73	9,68	171,61	kN
Trave emerg.	2,40	3,59	8,61	kN
Trave spessore	4,50	0,00	0,00	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	2,89	17,50	50,58	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	0,00	6,58	0,00	kN
		q_{TOT}	230,79	kN
P. p. pilastro			18,46	kN
		TOT.	249,26	kN

PILASTRO 6								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	249,26	175,91	30x30	900	1,27	5,40	4Ø14	6,16
7	498,52	351,81	30x30	900	2,55	5,40	4Ø14	6,16
6	747,78	527,72	30x30	900	3,82	5,40	4Ø14	6,16
5	997,03	703,62	30x30	900	5,10	5,40	4Ø14	6,16
4	1246,29	879,53	30x30	900	6,37	5,40	4Ø14	6,16
3	1495,55	1055,43	30x40	1200	7,64	7,20	6Ø14	9,24
2	1744,81	1231,34	30x40	1200	8,92	7,20	6Ø14	9,24
1	1994,07	1407,25	30x50	1500	10,19	9,00	8Ø14	12,32

PILASTRO 7

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	6,76	9,68	65,43	kN
Trave emerg.	8,14	3,59	29,21	kN
Trave spessore	0,00	2,89	0,00	kN
Balcone	2,10	9,78	20,53	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	2,23	17,50	39,03	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	2,01	15,08	30,31	kN
Tamponatura	6,14	6,58	40,40	kN
		q_{TOT}	224,91	kN
P. p. pilastro			17,99	kN
		TOT.	242,90	kN

PILASTRO 7								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	242,90	171,42	30x30	900	1,24	5,40	4Ø14	6,16
7	485,81	342,84	30x30	900	2,48	5,40	4Ø14	6,16
6	728,71	514,27	30x30	900	3,72	5,40	4Ø14	6,16
5	971,62	685,69	30x30	900	4,97	5,40	4Ø14	6,16
4	1214,52	857,11	30x30	900	6,21	5,40	4Ø14	6,16
3	1457,43	1028,53	30x40	1200	7,45	7,20	6Ø14	9,24
2	1700,33	1199,95	30x40	1200	8,69	7,20	6Ø14	9,24
1	1943,24	1371,37	30x50	1500	9,93	9,00	8Ø14	12,32

PILASTRO 8

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	4,96	9,68	48,01	kN
Trave emerg.	4,47	3,59	16,04	kN
Trave spessore	0,00	0,00	0,00	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	4,47	6,58	29,41	kN
		q_{TOT}	93,46	kN
P. p. pilastro			7,48	kN
		TOT.	100,94	kN

PILASTRO 8								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	100,94	71,23	30x30	900	0,52	5,40	4Ø14	6,16
7	201,87	142,46	30x30	900	1,03	5,40	4Ø14	6,16
6	302,81	213,70	30x30	900	1,55	5,40	4Ø14	6,16
5	403,74	284,93	30x30	900	2,06	5,40	4Ø14	6,16
4	504,68	356,16	30x30	900	2,58	5,40	4Ø14	6,16
3	605,62	427,39	30x30	900	3,10	5,40	4Ø14	6,16
2	706,55	498,62	30x30	900	3,61	5,40	4Ø14	6,16
1	807,49	569,86	30x30	900	4,13	5,40	4Ø14	6,16

PILASTRO 9

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	10,90	9,68	105,50	kN
Trave emerg.	5,31	3,59	19,05	kN
Trave spessore	0,00	2,89	0,00	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	5,31	6,58	34,94	kN
		q_{TOT}	159,49	kN
P. p. pilastro			12,76	kN
		TOT.	172,25	kN

PILASTRO 9								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	172,25	121,56	30x30	900	0,88	5,40	4Ø14	6,16
7	344,51	243,12	30x30	900	1,76	5,40	4Ø14	6,16
6	516,76	364,69	30x30	900	2,64	5,40	4Ø14	6,16
5	689,01	486,25	30x30	900	3,52	5,40	4Ø14	6,16
4	861,27	607,81	30x30	900	4,40	5,40	4Ø14	6,16
3	1033,52	729,37	30x30	900	5,28	5,40	4Ø14	6,16
2	1205,77	850,93	30x30	900	6,16	5,40	4Ø14	6,16
1	1378,02	972,49	30x40	1200	7,04	7,20	6Ø14	9,24

PILASTRO 10

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	7,13	9,68	69,01	kN
Trave emerg.	2,83	3,59	10,15	kN
Trave spessore	0,00	0,00	0,00	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	2,83	6,58	18,62	kN
		q_{TOT}	97,79	kN
P. p. pilastro			7,82	kN
		TOT.	105,61	kN

PILASTRO 10								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	105,61	74,53	30x30	900	0,54	5,40	4Ø14	6,16
7	211,22	149,06	30x30	900	1,08	5,40	4Ø14	6,16
6	316,83	223,59	30x30	900	1,62	5,40	4Ø14	6,16
5	422,44	298,12	30x30	900	2,16	5,40	4Ø14	6,16
4	528,05	372,65	30x30	900	2,70	5,40	4Ø14	6,16
3	633,66	447,18	30x30	900	3,24	5,40	4Ø14	6,16
2	739,27	521,71	30x30	900	3,78	5,40	4Ø14	6,16
1	844,88	596,24	30x30	900	4,32	5,40	4Ø14	6,16

PILASTRO 11

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	7,54	9,68	72,98	kN
Trave emerg.	6,53	3,59	23,43	kN
Trave spessore	2,85	2,89	8,23	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,67	17,45	11,69	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	5,97	9,83	58,69	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	6,53	6,58	42,97	kN
		q_{TOT}	217,98	kN
P. p. pilastro			17,44	kN
		TOT.	235,42	kN

PILASTRO 11								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	235,42	166,14	30x30	900	1,20	5,40	4Ø14	6,16
7	470,83	332,27	30x30	900	2,41	5,40	4Ø14	6,16
6	706,25	498,41	30x30	900	3,61	5,40	4Ø14	6,16
5	941,66	664,55	30x30	900	4,81	5,40	4Ø14	6,16
4	1177,08	830,68	30x30	900	6,02	5,40	4Ø14	6,16
3	1412,49	996,82	30x40	1200	7,22	7,20	6Ø14	9,24
2	1647,91	1162,96	30x40	1200	8,42	7,20	6Ø14	9,24
1	1883,33	1329,09	30x50	1500	9,63	9,00	8Ø14	12,32

PILASTRO 12

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	9,77	9,68	94,56	kN
Trave emerg.	9,00	3,59	32,29	kN
Trave spessore	0,00	0,00	0,00	kN
Balcone	2,89	9,78	28,26	kN
Rampa comune	3,36	17,45	58,63	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	3,92	9,83	38,53	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	9,00	6,58	59,22	kN
		q_{TOT}	311,49	kN
P. p. pilastro			24,92	kN
		TOT.	336,41	kN

PILASTRO 12								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	336,41	237,41	30x30	900	1,72	5,40	4Ø14	6,16
7	672,83	474,82	30x30	900	3,44	5,40	4Ø14	6,16
6	1009,24	712,24	30x30	900	5,16	5,40	4Ø14	6,16
5	1345,65	949,65	30x40	1200	6,88	7,20	6Ø14	9,24
4	1682,07	1187,06	30x40	1200	8,60	7,20	6Ø14	9,24
3	2018,48	1424,47	30x50	1500	10,32	9,00	8Ø14	12,32
2	2354,89	1661,89	30x60	1800	12,04	10,80	8Ø14	12,32
1	2691,31	1899,30	30x70	2100	13,76	12,60	10Ø14	15,40

PILASTRO 13

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	10,63	9,68	102,89	kN
Trave emerg.	4,12	3,59	14,78	kN
Trave spessore	2,85	2,89	8,23	kN
Balcone	7,20	9,78	70,40	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	4,12	6,58	27,11	kN
		q_{TOT}	223,41	kN
P. p. pilastro			17,87	kN
		TOT.	241,28	kN

PILASTRO 13								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	241,28	170,27	30x30	900	1,23	5,40	4Ø14	6,16
7	482,56	340,55	30x30	900	2,47	5,40	4Ø14	6,16
6	723,84	510,82	30x30	900	3,70	5,40	4Ø14	6,16
5	965,12	681,10	30x30	900	4,93	5,40	4Ø14	6,16
4	1206,40	851,37	30x30	900	6,17	5,40	4Ø14	6,16
3	1447,68	1021,65	30x40	1200	7,40	7,20	6Ø14	9,24
2	1688,96	1191,92	30x40	1200	8,63	7,20	6Ø14	9,24
1	1930,24	1362,20	30x50	1500	9,87	9,00	8Ø14	12,32

PILASTRO 14

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	5,50	9,68	53,23	kN
Trave emerg.	4,78	3,59	17,15	kN
Trave spessore	0,00	0,00	0,00	kN
Balcone	11,43	9,78	111,76	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	4,78	6,58	31,45	kN
		q_{TOT}	213,60	kN
P. p. pilastro			17,09	kN
		TOT.	230,69	kN

PILASTRO 14								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	230,69	162,80	30x30	900	1,18	5,40	4Ø14	6,16
7	461,38	325,60	30x30	900	2,36	5,40	4Ø14	6,16
6	692,07	488,40	30x30	900	3,54	5,40	4Ø14	6,16
5	922,75	651,20	30x30	900	4,72	5,40	4Ø14	6,16
4	1153,44	814,00	30x30	900	5,90	5,40	4Ø14	6,16
3	1384,13	976,80	30x40	1200	7,07	7,20	6Ø14	9,24
2	1614,82	1139,60	30x40	1200	8,25	7,20	6Ø14	9,24
1	1845,51	1302,41	30x50	1500	9,43	9,00	8Ø14	12,32

PILASTRO 15

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	13,38	9,68	129,51	kN
Trave emerg.	8,12	3,59	29,13	kN
Trave spessore	0,00	2,89	0,00	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	5,62	6,58	36,98	kN
		q_{TOT}	195,62	kN
P. p. pilastro			15,65	kN
		TOT.	211,27	kN

PILASTRO 15								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	211,27	149,10	30x30	900	1,08	5,40	4Ø14	6,16
7	422,54	298,19	30x30	900	2,16	5,40	4Ø14	6,16
6	633,81	447,29	30x30	900	3,24	5,40	4Ø14	6,16
5	845,08	596,38	30x30	900	4,32	5,40	4Ø14	6,16
4	1056,35	745,48	30x30	900	5,40	5,40	4Ø14	6,16
3	1267,62	894,58	30x40	1200	6,48	7,20	6Ø14	9,24
2	1478,88	1043,67	30x40	1200	7,56	7,20	6Ø14	9,24
1	1690,15	1192,77	30x40	1200	8,64	7,20	6Ø14	9,24

PILASTRO 16

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	28,42	9,68	275,08	kN
Trave emerg.	5,31	3,59	19,05	kN
Trave spessore	0,00	0,00	0,00	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	0,00	6,58	0,00	kN
		q_{TOT}	294,13	kN
P. p. pilastro			23,53	kN
		TOT.	317,66	kN

PILASTRO 16								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	317,66	224,18	30x30	900	1,62	5,40	4Ø14	6,16
7	635,32	448,36	30x30	900	3,25	5,40	4Ø14	6,16
6	952,98	672,53	30x30	900	4,87	5,40	4Ø14	6,16
5	1270,64	896,71	30x40	1200	6,49	7,20	6Ø14	9,24
4	1588,30	1120,89	30x40	1200	8,12	7,20	6Ø14	9,24
3	1905,96	1345,07	30x50	1500	9,74	9,00	8Ø14	12,32
2	2223,62	1569,24	30x60	1800	11,37	10,80	8Ø14	12,32
1	2541,28	1793,42	30x70	2100	12,99	12,60	10Ø14	15,40

PILASTRO 17

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	23,07	9,68	223,29	kN
Trave emerg.	4,50	3,59	16,15	kN
Trave spessore	0,00	2,89	0,00	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	0,00	6,58	0,00	kN
		q_{TOT}	239,44	kN
P. p. pilastro			19,16	kN
		TOT.	258,60	kN

PILASTRO 17								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	258,60	182,50	30x30	900	1,32	5,40	4Ø14	6,16
7	517,19	364,99	30x30	900	2,64	5,40	4Ø14	6,16
6	775,79	547,49	30x30	900	3,97	5,40	4Ø14	6,16
5	1034,38	729,98	30x30	900	5,29	5,40	4Ø14	6,16
4	1292,98	912,48	30x40	1200	6,61	7,20	6Ø14	9,24
3	1551,57	1094,97	30x40	1200	7,93	7,20	6Ø14	9,24
2	1810,17	1277,47	30x50	1500	9,25	9,00	8Ø14	12,32
1	2068,77	1459,96	30x60	1800	10,57	10,80	8Ø14	12,32

PILASTRO 18

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	16,84	9,68	162,99	kN
Trave emerg.	2,40	3,59	8,61	kN
Trave spessore	1,38	0,00	0,00	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	0,00	6,58	0,00	kN
		q_{TOT}	171,61	kN
P. p. pilastro			13,73	kN
		TOT.	185,33	kN

PILASTRO 18								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	185,33	130,79	30x30	900	0,95	5,40	4Ø14	6,16
7	370,67	261,59	30x30	900	1,89	5,40	4Ø14	6,16
6	556,00	392,38	30x30	900	2,84	5,40	4Ø14	6,16
5	741,34	523,17	30x30	900	3,79	5,40	4Ø14	6,16
4	926,67	653,97	30x30	900	4,74	5,40	4Ø14	6,16
3	1112,00	784,76	30x30	900	5,68	5,40	4Ø14	6,16
2	1297,34	915,55	30x40	1200	6,63	7,20	6Ø14	9,24
1	1482,67	1046,35	30x40	1200	7,58	7,20	6Ø14	9,24

PILASTRO 19

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	4,81	9,68	46,56	kN
Trave emerg.	4,61	3,59	16,54	kN
Trave spessore	1,15	2,89	3,32	kN
Balcone	0,00	9,78	0,00	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	4,61	6,58	30,33	kN
		q_{TOT}	96,75	kN
P. p. pilastro			7,74	kN
		TOT.	104,49	kN

PILASTRO 19								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	104,49	73,74	30x30	900	0,53	5,40	4Ø14	6,16
7	208,98	147,48	30x30	900	1,07	5,40	4Ø14	6,16
6	313,47	221,22	30x30	900	1,60	5,40	4Ø14	6,16
5	417,96	294,96	30x30	900	2,14	5,40	4Ø14	6,16
4	522,45	368,70	30x30	900	2,67	5,40	4Ø14	6,16
3	626,94	442,44	30x30	900	3,20	5,40	4Ø14	6,16
2	731,43	516,18	30x30	900	3,74	5,40	4Ø14	6,16
1	835,92	589,92	30x30	900	4,27	5,40	4Ø14	6,16

PILASTRO 20

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	6,39	9,68	61,85	kN
Trave emerg.	5,06	3,59	18,16	kN
Trave spessore	0,00	0,00	0,00	kN
Balcone	3,74	9,78	36,57	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	5,06	6,58	33,30	kN
		q_{TOT}	149,87	kN
P. p. pilastro			11,99	kN
		TOT.	161,86	kN

PILASTRO 20								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	161,86	114,23	30x30	900	0,83	5,40	4Ø14	6,16
7	323,72	228,45	30x30	900	1,65	5,40	4Ø14	6,16
6	485,58	342,68	30x30	900	2,48	5,40	4Ø14	6,16
5	647,43	456,90	30x30	900	3,31	5,40	4Ø14	6,16
4	809,29	571,13	30x30	900	4,14	5,40	4Ø14	6,16
3	971,15	685,36	30x30	900	4,96	5,40	4Ø14	6,16
2	1133,01	799,58	30x30	900	5,79	5,40	4Ø14	6,16
1	1294,87	913,81	30x40	1200	6,62	7,20	6Ø14	9,24

PILASTRO 21

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	13,98	9,68	135,31	kN
Trave emerg.	5,31	3,59	19,05	kN
Trave spessore	0,00	2,89	0,00	kN
Balcone	7,71	9,78	75,39	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	5,13	6,58	33,76	kN
		q_{TOT}	263,51	kN
P. p. pilastro			21,08	kN
		TOT.	284,59	kN

PILASTRO 21								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	284,59	200,84	30x30	900	1,45	5,40	4Ø14	6,16
7	569,18	401,68	30x30	900	2,91	5,40	4Ø14	6,16
6	853,77	602,52	30x30	900	4,36	5,40	4Ø14	6,16
5	1138,36	803,36	30x30	900	5,82	5,40	4Ø14	6,16
4	1422,95	1004,20	30x40	1200	7,27	7,20	6Ø14	9,24
3	1707,54	1205,04	30x40	1200	8,73	7,20	6Ø14	9,24
2	1992,13	1405,88	30x50	1500	10,18	9,00	8Ø14	12,32
1	2276,72	1606,72	30x60	1800	11,64	10,80	8Ø14	12,32

PILASTRO 22

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	10,22	9,68	98,92	kN
Trave emerg.	2,18	3,59	7,82	kN
Trave spessore	1,68	0,00	0,00	kN
Balcone	6,10	9,78	59,65	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	4,63	6,58	30,47	kN
		q_{TOT}	196,85	kN
P. p. pilastro			15,75	kN
		TOT.	212,60	kN

PILASTRO 22								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	212,60	150,04	30x30	900	1,09	5,40	4Ø14	6,16
7	425,20	300,07	30x30	900	2,17	5,40	4Ø14	6,16
6	637,80	450,11	30x30	900	3,26	5,40	4Ø14	6,16
5	850,40	600,14	30x30	900	4,35	5,40	4Ø14	6,16
4	1063,01	750,18	30x30	900	5,43	5,40	4Ø14	6,16
3	1275,61	900,22	30x40	1200	6,52	7,20	6Ø14	9,24
2	1488,21	1050,25	30x40	1200	7,61	7,20	6Ø14	9,24
1	1700,81	1200,29	30x40	1200	8,69	7,20	6Ø14	9,24

PILASTRO 23

	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	9,85	9,68	95,34	kN
Trave emerg.	2,16	3,59	7,75	kN
Trave spessore	1,85	2,89	5,34	kN
Balcone	9,66	9,78	94,46	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	4,09	6,58	26,91	kN
		q_{TOT}	229,80	kN
P. p. pilastro			18,38	kN
		TOT.	248,18	kN

PILASTRO 23								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	248,18	175,14	30x30	900	1,27	5,40	4Ø14	6,16
7	496,36	350,29	30x30	900	2,54	5,40	4Ø14	6,16
6	744,54	525,43	30x30	900	3,81	5,40	4Ø14	6,16
5	992,72	700,58	30x30	900	5,07	5,40	4Ø14	6,16
4	1240,89	875,72	30x40	1200	6,34	7,20	6Ø14	9,24
3	1489,07	1050,86	30x40	1200	7,61	7,20	6Ø14	9,24
2	1737,25	1226,01	30x50	1500	8,88	9,00	8Ø14	12,32
1	1985,43	1401,15	30x50	1500	10,15	9,00	8Ø14	12,32

PILASTRO 24

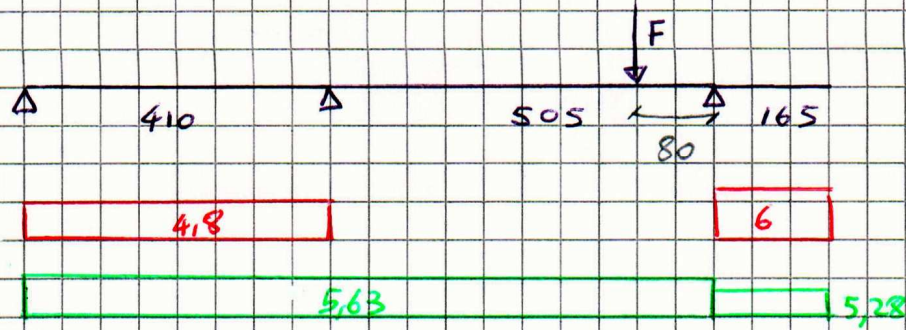
	$A_i \cdot L_i$	Carico unitario	Carico totale	
Solaio	4,22	9,68	40,85	kN
Trave emerg.	3,93	3,59	14,10	kN
Trave spessore	0,00	0,00	0,00	kN
Balcone	4,78	9,78	46,74	kN
Rampa comune	0,00	17,45	0,00	kN
Rampa duplex	0,00	17,50	0,00	kN
Pianer. comune	0,00	9,83	0,00	kN
Pianer. duplex	0,00	15,08	0,00	kN
Tamponatura	3,93	6,58	25,86	kN
		q_{TOT}	127,54	kN
P. p. pilastro			10,20	kN
		TOT.	137,75	kN

PILASTRO 24								
PIANO	N_{ed} [kN]	A_c [cm ²]	Sezione	cm ²	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	Barre	cm ²
8	137,75	97,21	30x30	900	0,70	5,40	4Ø14	6,16
7	275,50	194,42	30x30	900	1,41	5,40	4Ø14	6,16
6	413,25	291,63	30x30	900	2,11	5,40	4Ø14	6,16
5	550,99	388,85	30x30	900	2,82	5,40	4Ø14	6,16
4	688,74	486,06	30x30	900	3,52	5,40	4Ø14	6,16
3	826,49	583,27	30x30	900	4,22	5,40	4Ø14	6,16
2	964,24	680,48	30x30	900	4,93	5,40	4Ø14	6,16
1	1101,99	777,69	30x30	900	5,63	5,40	4Ø14	6,16

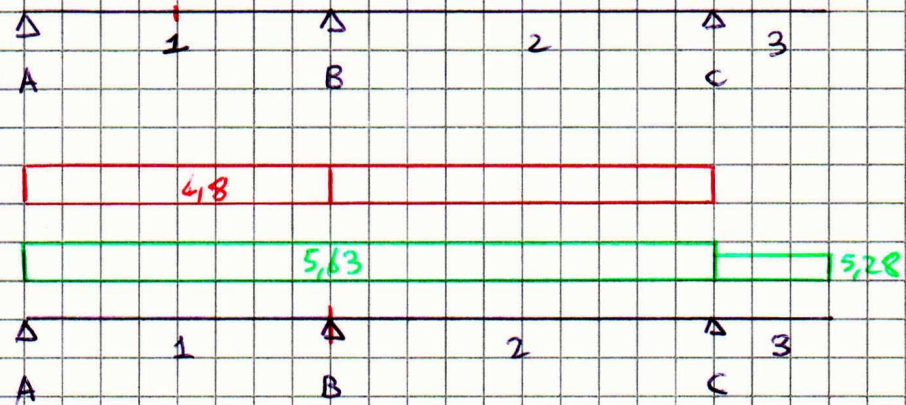
Riepilogo dei pilastri

	PILASTRI								
	1/3/4/8/10/19/24	2/9/20	5	6/7/11/13/14	12/16	15/22	17/21	18	23
Ordine 8°	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30
Ordine 7°	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30
Ordine 6°	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	30x30
Ordine 5°	30x30	30x30	30x30	30x30	30x40	30x30	30x30	30x30	30x30
Ordine 4°	30x30	30x30	30x40	30x30	30x40	30x30	30x40	30x30	30x40
Ordine 3°	30x30	30x30	30x50	30x40	30x50	30x40	30x40	30x30	30x40
Ordine 2°	30x30	30x30	30x50	30x40	30x60	30x40	30x50	30x40	30x50
Ordine 1°	30x30	30x40	30x60	30x50	30x70	30x40	30x60	30x40	30x50

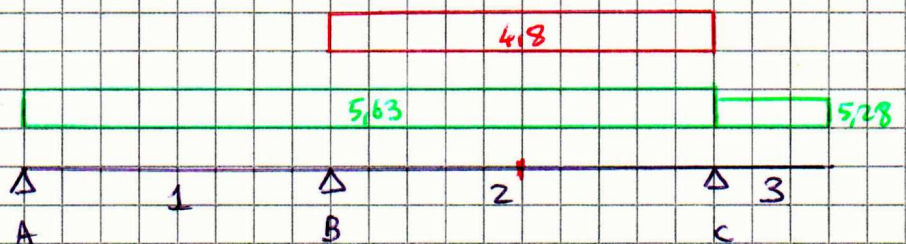
SCHEMI DI CARICO - SOLAIO N° 159



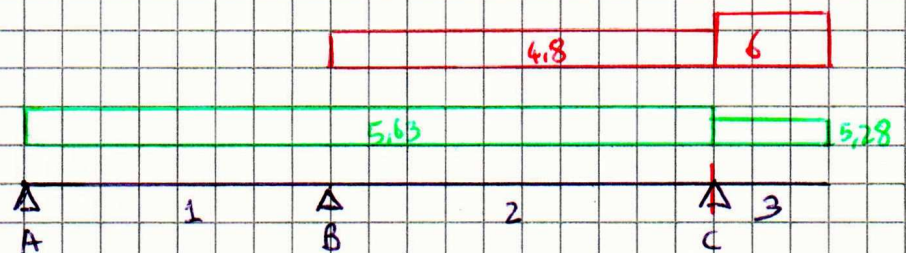
SCHEMA 1



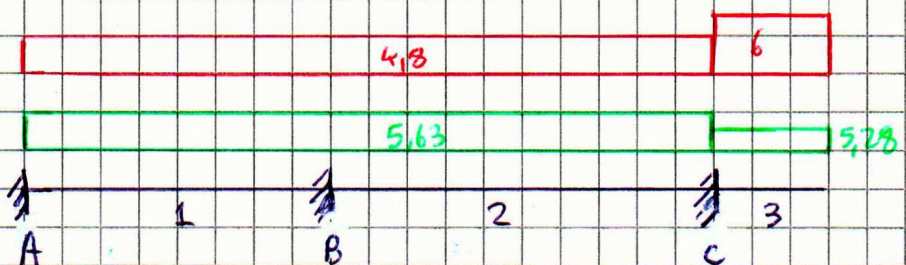
SCHEMA 2



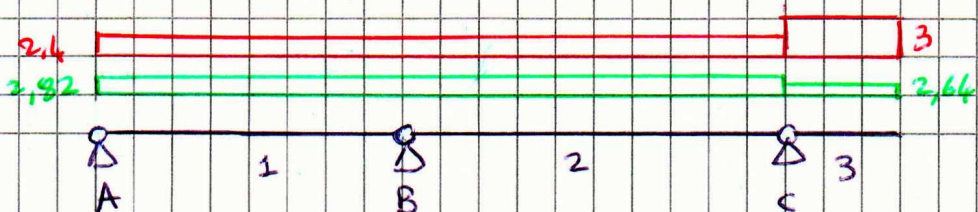
SCHEMA 3



SCHEMA 4
(superfluo)

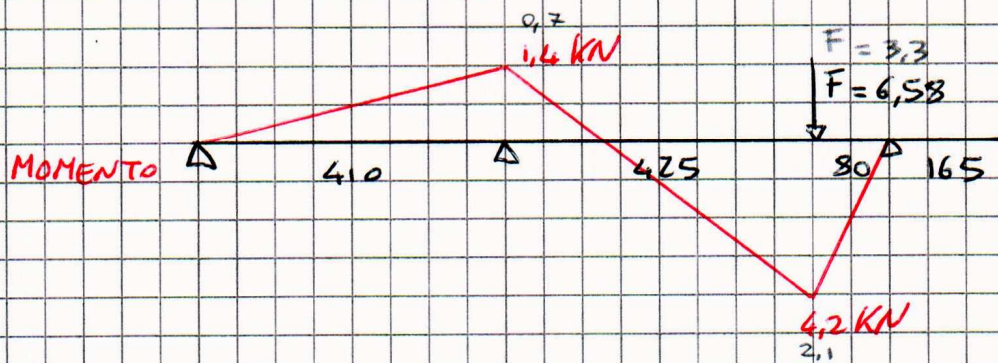


SCHEMA 5

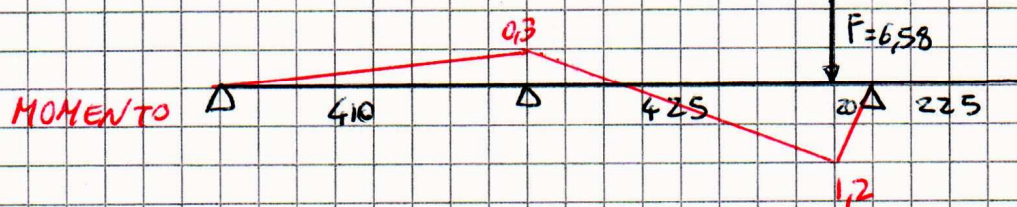
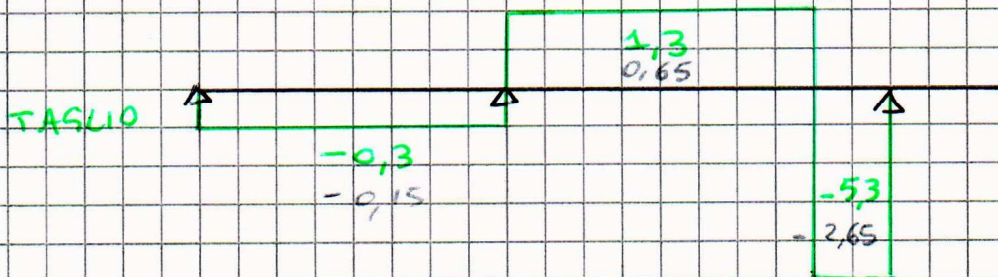


SCHEMA 6

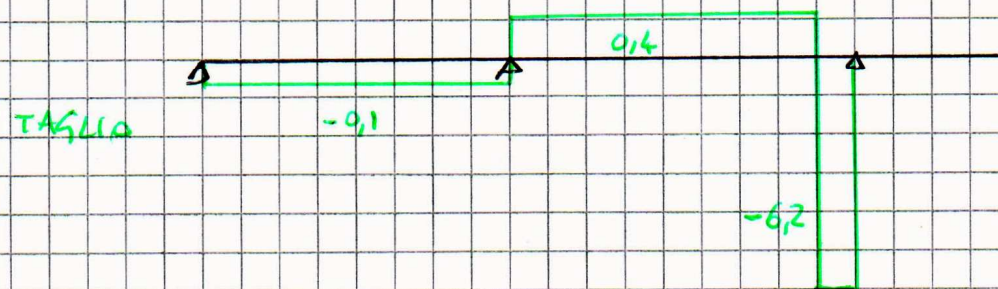
FORZA SUL SOLAIO



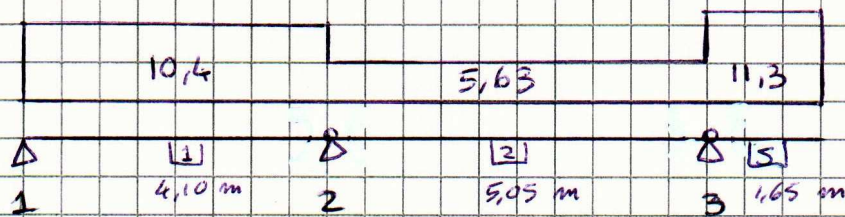
SCHEMA 1



SCHEMA 2



RISOLUZIONE SCHEMA 1 - METODO DELLE FORZE



CAMPATA

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{l}{3EI}$$

$$\beta = \frac{l}{6EI}$$

$$\varphi_1(q) = -\frac{ql^3}{24EI}$$

$$\varphi_2(q) = \frac{ql^3}{24EI}$$

$$\frac{1,37}{EI}$$

$$\frac{0,68}{EI}$$

$$-\frac{29,87}{EI}$$

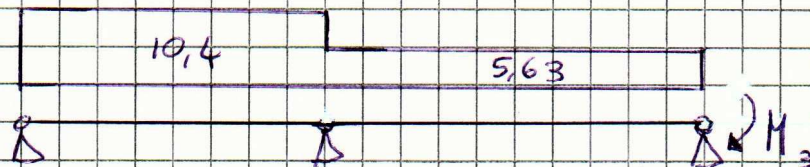
$$\frac{29,87}{EI}$$

$$\frac{1,68}{EI}$$

$$\frac{0,84}{EI}$$

$$-\frac{30,21}{EI}$$

$$\frac{30,21}{EI}$$



$$M_3 = \frac{11,3 \times 1,65^2}{2} = -15,38 \text{ KN m}$$

$$\beta^{i-1} M_{i-1} + (\alpha_1^i + \alpha_2^{i-1}) M_i + \beta^i M_{i+1} = \varphi_1^i(q) - \varphi_2^{i-1}(q)$$

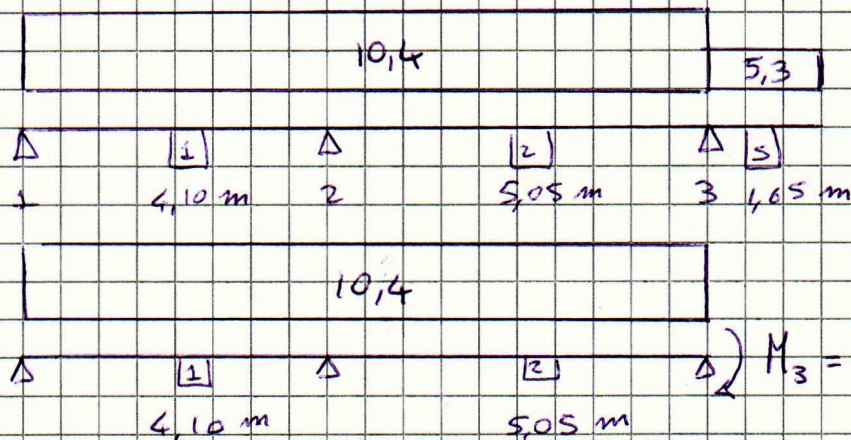
$$\underline{i=2} \quad \beta^2 M_1 + (\alpha_1^2 + \alpha_2^1) M_2 + \beta^2 M_3 = \varphi_1^2(q) - \varphi_2^1(q)$$

$$\left(\frac{1,68}{EI} + \frac{1,37}{EI} \right) M_2 + \frac{0,84}{EI} (-15,38) = -\frac{30,21}{EI} - \frac{29,87}{EI}$$

$$3,05 M_2 = -47,16$$

$$M_2 = -15,46 \text{ KN m}$$

RISOLUZIONE SCHEMA 2 - METODO DEGLI SPOSTAMENTI



$$M_3 = \frac{5.3 \times 1.65^2}{2} = 7.2 \text{ kN m}$$

CAMPATA

$$p = \frac{3}{l} EI$$

$$p_2 = \frac{3}{l} EI$$

$$p_{12} = \frac{2}{l} EI$$

$$\bar{m}_1(q)$$

$$\bar{m}_2(q)$$

1

$$0$$

$$0.73 EI$$

$$0$$

$$0$$

$$-21.9$$

2

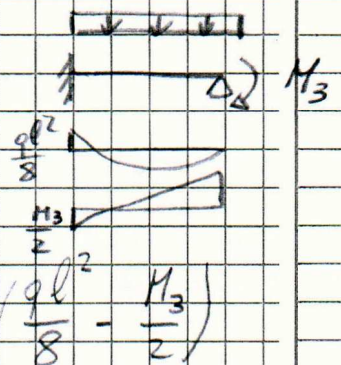
$$0.59 EI$$

$$0$$

$$0$$

$$29.6$$

$$0$$



$$p_{12}^{i-1} \varphi_{1-1} + p_2^{i-1} \varphi_i + \bar{m}_2(q) + p_1^i \varphi_1 + p_{12}^i \varphi_{1+1} + \bar{m}_1(q) = 0$$

$$p_{12}^{i-1} \varphi_{1-1} + (p_1^i + p_2^{i-1}) \varphi_i + p_{12}^i \varphi_{1+1} = -\bar{m}_2^{i-1}(q) - \bar{m}_1^i(q)$$

$$\text{modo 2: } (p_1^2 + p_2^1) \varphi_2 = -\bar{m}_2^1(q) - \bar{m}_1^2(q)$$

$$(0.59 + 0.73) EI \varphi_2 = 21.9 - 29.6 \Rightarrow \varphi_2 = \frac{-5.83}{EI}$$

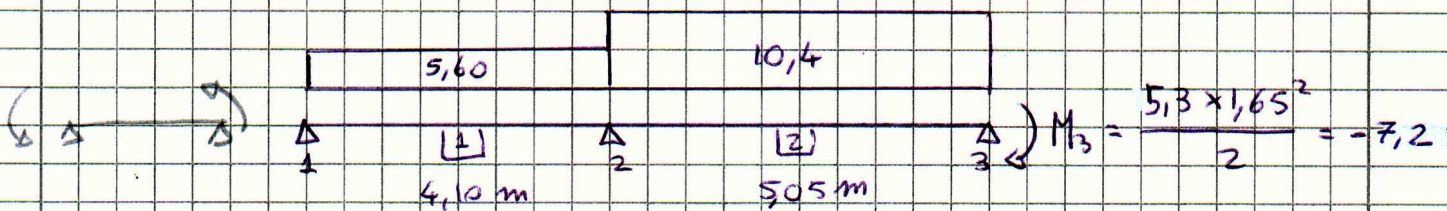
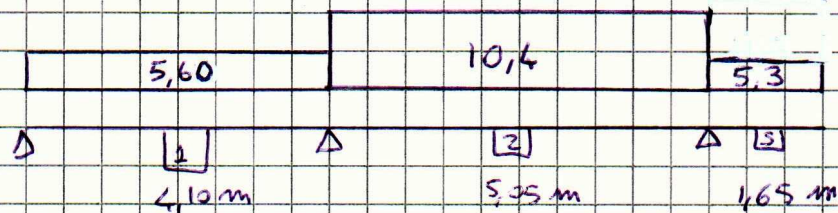
$$m_1^d = \rho_1^1 \psi_1^1 + \rho_{12}^1 \psi_2^1 + \overline{m}_1^1(q) = 0$$

$$m_2^d = \cancel{\rho_{12}^1 \psi_1^1} + \rho_2^1 \psi_2^1 + \overline{m}_2^1(q) = 0,73 EI \cdot \left(-\frac{5,83}{EI}\right) - 21,9 = -26,15$$

$$m_1^2 = \rho_1^2 \psi_1^2 + \rho_{12}^2 \psi_2^2 + \overline{m}_1^2(q) = 0,59 EI \cdot \left(-\frac{5,83}{EI}\right) + 29,6 = 26,16$$

$$m_2^2 = \cancel{\rho_{12}^2 \psi_1^2} + \rho_2^2 \psi_2^2 + \overline{m}_2^2(q) = 0$$

RISOLUZIONE SCHEMA 3 - METODO DI CROSS



CAMPATE

$$\rho_1 = \frac{3}{l} EI$$

$$\rho_2 = \frac{3}{l} EI$$

$$\rho_{12}$$

$$\overline{m} = \frac{ql^2}{8}$$

1

0

0,732 EI

0

-11,77

2

0,594 EI

0

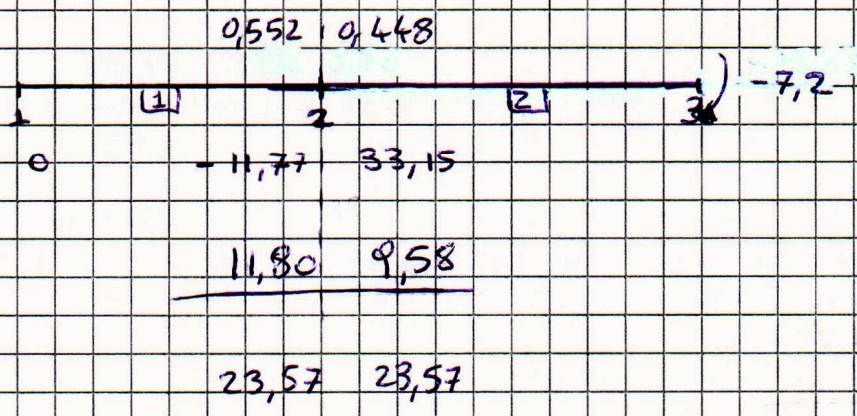
0

33,15

COEFFICIENTI DI RIPARTIZIONE

$$\frac{0,732}{0,732 + 0,594} = 0,552$$

$$\frac{0,594}{0,732 + 0,594} = 0,448$$

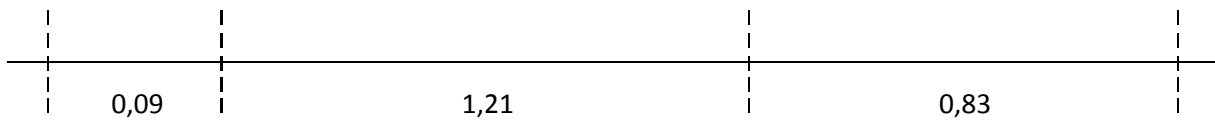


Progetto delle armature del solaio 159 (DRITTE)

Tensione di snervamento di progetto f_{yd} 391,3 MPa

$$A_s = M_{Ed} / (0,9 \times d \times f_{yd})$$

Armatura inferiore					
CAMPATA	M_{Ed}	d	A_s (1 m)	A_s (per travetto)	
sb	1,52	0,25	0,17	0,09	cm ²
1	21,28	0,25	2,42	1,21	cm ²
2	14,66	0,25	1,67	0,83	cm ²

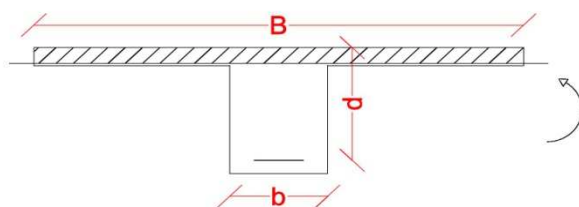


Armatura superiore					
APPOGGIO	M_{Ed}	d	A_s (1 m)	A_s (per travetto)	
1	22,10	0,25	2,51	1,26	cm ²
2	27,60	0,25	3,13	1,57	cm ²
3	14,57	0,25	1,65	0,83	cm ²



$$MRd (1\emptyset 10) = 0,9 d A_s f_{yd} \times 2 = 13,73 \text{ kNm}$$

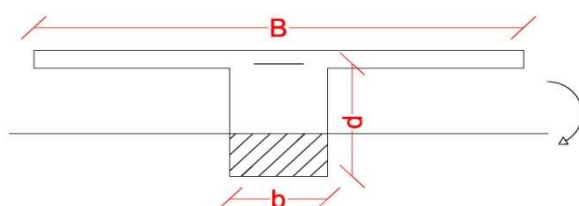
Momento resistente del calcestruzzo



$$B = 1 \text{ m}$$

$$d = 0,28 - 0,03 = 0,25 \text{ m}$$

$$M_{Rd}^+ = (B x d^2) / r^2 = [1 x (0,25)^2] / (0,0197)^2 = 161,05 \text{ kNm}$$



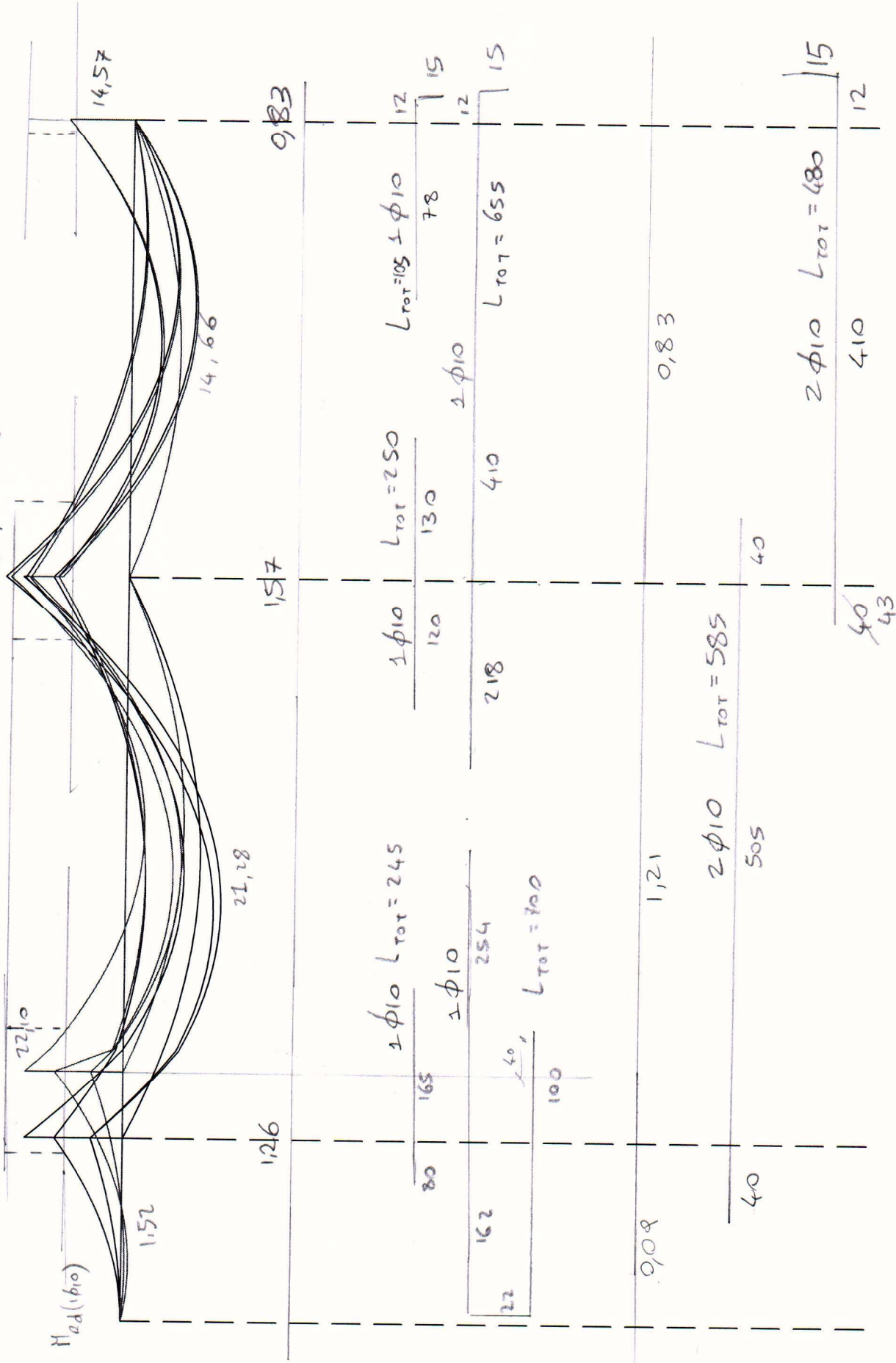
$$b = 0,20 \text{ m}$$

$$d = 0,28 - 0,03 = 0,25 \text{ m}$$

$$M_{Rd}^- = (b x d^2) / r^2 = [0,20 x (0,25)^2] / (0,0197)^2 = 32,21 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} 1\phi 10 &= 0,78 \text{ cm}^2 \\ 2\phi 10 &= 1,56 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

276 & Spun before



$$M_{2d}(1\phi_{10}) = 13,73 \text{ kNm}$$

VERIFICA A TAGLIO SOLAIO N° 159

APPOGGIO 2

$$V_{ed} = 27,2 \text{ KN} \quad \text{SINISTRA}$$

$$V_{ed} = 23,85 \text{ KN} \quad \text{DESTRA}$$

$$A_{se} = 4 \phi 10 = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 20 \text{ cm}$$

$$d = 25 \text{ cm}$$

$$\rho_e = \frac{A_{se}}{b_w d} \leq 0,02$$

$$\rho_e = \frac{3,14}{20 \times 25} = 0,00628 < 0,02 \quad \text{OK}$$

$$K = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$$

$$K = 1 + \sqrt{\frac{200}{250}} = 1,89 < 2,0 \quad \text{OK}$$

$$V_{rd,c} = \left[0,18 K \sqrt[3]{100 \cdot \rho_e \rho_{fck} / \gamma_c} \right] b_w d =$$

$$= 0,18 \cdot 1,89 \sqrt[3]{100 \cdot 0,00628 \cdot 25} \cdot 20 \cdot 25 \cdot 10^{-1} = 28,40 \text{ KN}$$

$$V_{rd,c} = \left[0,035 \sqrt{K^3 \rho_{fck}} \right] b_w d =$$

$$= 0,035 \cdot \sqrt{1,89^3 \cdot 25} \cdot 20 \cdot 25 \cdot 10^{-1} = 22,74 \text{ KN}$$

$$V_{rd,c} = 28,40 \text{ KN} > V_{ed} \quad \text{VERIFICATA!}$$

APPROGgio 3

$$V_{ed} = 17,11 \text{ KN}$$

$$A_{se} = 2 \phi 10 = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$\rho_e = \frac{1,57}{20 \times 25} = 0,00314$$

$$K = 1,89$$

$$V_{rd,c} = 0,18 \cdot 1,89 \cdot \frac{\sqrt[3]{100 \cdot 0,00314 \cdot 25}}{1,5} \cdot 20 \cdot 25 \cdot 10^{-1} = 22,54 \text{ KN}$$

$$V_{rd,c} = 0,035 \cdot \sqrt[3]{1,89^3 \cdot 25} \cdot 20 \cdot 25 \cdot 10^{-1} = 22,74 \text{ KN}$$

$$V_{rd,c} = 22,74 \text{ KN} > V_{ed} \quad \text{VERIFICATA!}$$

FASCE piene

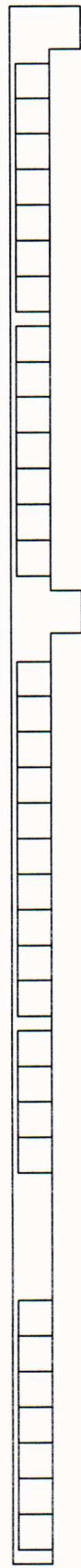
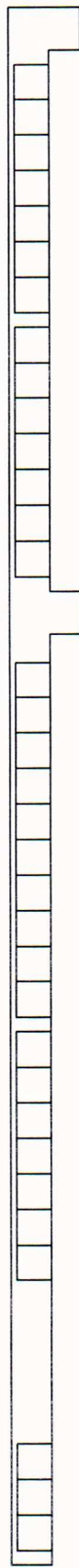
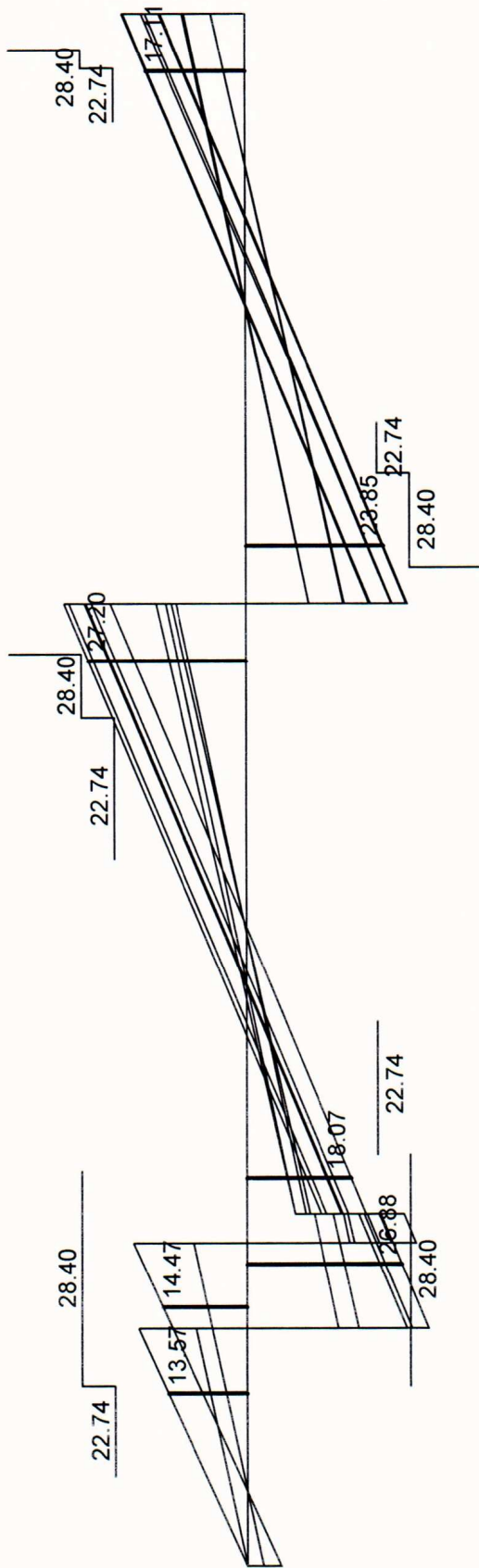
$$b_w = 100$$

$$\rho_e = \frac{3,14}{100 \times 25} = 0,001256$$

$$0,18 \cdot 1,89 \cdot \frac{\sqrt[3]{100 \cdot 0,001256 \cdot 25}}{1,5} \cdot 100 \cdot 25 \cdot 10^{-1} = 83,03 \text{ KN}$$

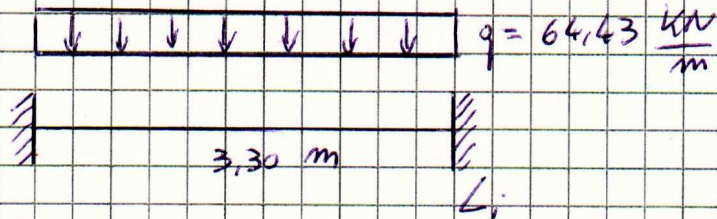
$$0,035 \cdot \sqrt[3]{1,89^3 \cdot 25} \cdot 100 \cdot 25 \cdot 10^{-1} = 113,68 \text{ KN}$$

TAGLIO SOLAIO



DIMENSIONAMENTO TRAVE A SPESSORE

(102)



5.00 m
trave spessore

$$(2,3 \times 1,2) + (2,85 \times 1,1) = 5,90 \text{ m}$$

$$q_d \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) \quad Q_d \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}} \right)$$

$$5,63 \times 5,9 = 33,22 \quad (1,8 + 3) \times 5,9 = 28,32$$

$$2,89$$

$$q_d = 36,11 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

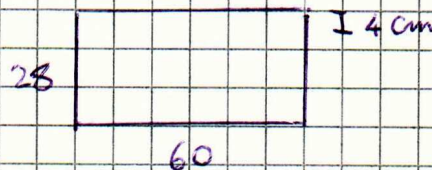
$$Q_d = 28,32 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_d + Q_d = 64,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Momento all'incastro

$$M_{ed} = \frac{q l^2}{12} = \frac{64,43 \times 3,30^2}{12} = 58,47 \text{ kNm}$$

sezione ipotizzata



$$M_{Rd} = \frac{b d^2}{\gamma^2} = \frac{0,6 \times 0,24^2}{0,018^2} = 106,67 \text{ kNm} \Rightarrow \text{OK}$$

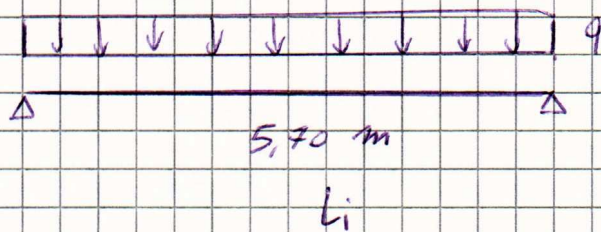
posso diminuire b

$$b = M_{ed} \frac{\gamma^2}{d^2} = 58,47 \text{ kNm} \cdot \frac{0,018^2}{0,24^2} = 0,33 \Rightarrow 40 \times 30$$

TRAVE SCELTA 40 x 30

$$M_{Rd} = \frac{b d^2}{\gamma^2} = \frac{0,4 \times 0,24^2}{0,018^2} = 71,11 \text{ kNm}$$

TRAVE A SPESSORE 110



solario

$$2 \times 1 = 2 \text{ m}$$

$$q_d \left(\frac{\text{KN}}{\text{m}} \right)$$

$$2 \times 5,63 = 11,26$$

$$Q_d \left(\frac{\text{KN}}{\text{m}} \right)$$

$$(1,8 + 3) \times 2 = 9,6$$

trave spessore

$$2,89$$

scale duplex (rampa)

$$1,75 \times 1 = 1,75 \text{ m}$$

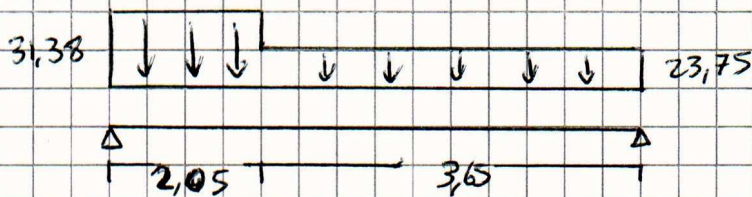
$$1,75 \times 10,28 = 17,99$$

$$6 \times 1,75 = 10,5$$

$$q_d = 32,12$$

$$Q_d = 20,1$$

$$q_d + Q_d = 52,24 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$



$$\frac{(31,38 \times 2,05) + (23,75 \times 3,65)}{5,70} = 26,49 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

media ponderata

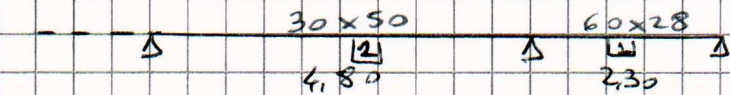
$$M_{ed} = \frac{q l^2}{8} = \frac{26,49 \times 5,7^2}{8} = 107,58 \text{ KN m}$$

sez. ipotizzata 60×28

$$M_{ed} = \frac{0,6 \times 0,24^2}{0,018^2} = 106,67 \text{ KN m}$$

Dato che lo schema di trave appoggiata-appoggiata è un caso limite, confermiamo la scelta della trave 60×28

TRAVE A SPESSORE 104



CAMPATA 1

solcio $2,15 + 2,05 = 4,2$

trave spessore

$$q_d \left(\frac{KN}{m} \right) \\ 5,63 \times 4,2 = 23,65$$

$$Q_d \left(\frac{KN}{m} \right) \\ (1,8 + 3) \times 4,2 = 20,16$$

$$2,89$$

$$q_d = 26,54$$

$$Q_d = 20,16$$

$$q_d + Q_d = 46,70 \frac{KN}{m}$$

CAMPATA 2

solcio $(2,05 \times 1,2) + (2,15 \times 1) = 4,61$

trave emergente

$$q_d \left(\frac{KN}{m} \right) \\ 5,63 \times 4,61 = 25,95$$

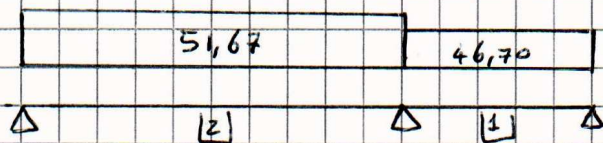
$$Q_d \left(\frac{KN}{m} \right) \\ (1,8 + 3) \times 4,61 = 22,13$$

$$3,59$$

$$q_d = 29,54$$

$$Q_d = 22,13$$

$$q_d + Q_d = 51,67 \frac{KN}{m}$$

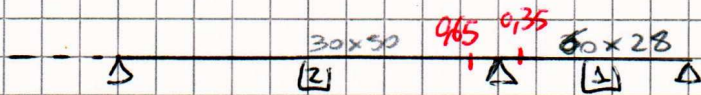


La campata 1 è una trave appog - incastrata

$$\frac{ql^2}{8} = \frac{46,70 \times 2,30^2}{8} = 30,88 \text{ KNm}$$

La campata 2 è una trave incastrata - incastrata

$$\frac{ql^2}{12} = \frac{51,67 \times 4,80^2}{12} = 99,21 \text{ KNm}$$



rigidezze

$$P_2 = \frac{4}{4,80} E I$$

$$I_2 = \frac{30 \times 50^3}{12} = 312500 \rightarrow P_2 = 260417 E$$

$$P_1 = \frac{3}{2,30} E I$$

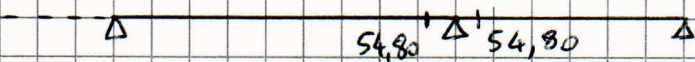
$$I_1 = \frac{60 \times 28^3}{12} = 109760 \rightarrow P_1 = 143165 E$$

coefficienti di ripartizione

$$\frac{P_2}{P_2 + P_1} = \frac{260417 E}{(260417 + 143165) E} = 0,65$$

$$\frac{P_1}{P_1 + P_2} = \frac{143165 E}{(260417 + 143165) E} = 0,35$$

$$\Delta M = 99,21 - 30,88 = 68,33 \text{ KN m}$$



$$M_{ed} = 54,80 \text{ KN m}$$

ipotiz. 60x28

$$M_{rd} = \frac{0,6 \times 0,24^2}{0,018^2} = 106,67 \text{ KN m OK!}$$

Il momento resistente trovato è molto superiore a quello sollecitante,

ipotizzo una trave a spessore più piccola 30×28

$$f_2 = \frac{4}{4,80} EI$$

$$I_2 = \frac{30 \times 50^3}{12} = 312500 \rightarrow f_2 = 260417 E$$

$$f_1 = \frac{3}{2,30} EI$$

$$I_1 = \frac{30 \times 28^3}{12} = 54880 \rightarrow f_1 = 71583 E$$

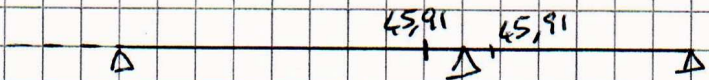
$$\frac{f_2}{f_2 + f_1} = 0,78$$

$$f_2 + f_1$$

$$\frac{f_1}{f_1 + f_2} = 0,22$$

$$f_1 + f_2$$

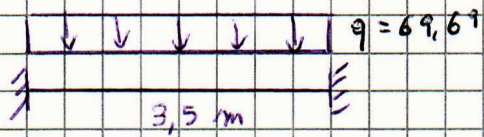
$$\Delta M = 68,33 \text{ kNm}$$



$$M_{Ed} = 45,91 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{0,3 \times 0,24^2}{0,018^2} = 53,33 \text{ kNm} \quad \text{OK!}$$

TRAVE A SPESSORE 105



	L_i	$q_d \left(\frac{KN}{m} \right)$	$Q_d \left(\frac{KN}{m} \right)$
solaio	2,38	$2,38 \times 5,63 = 13,40$	$(1,8 + 3) \times 2,38 = 11,42$
balcone	1,95	$1,95 \times 5,28 = 10,30$	$6 \times 5,28 = 31,68$
trave spessore	2,89		

$$q_d = 26,59 \quad Q_d = 43,1$$

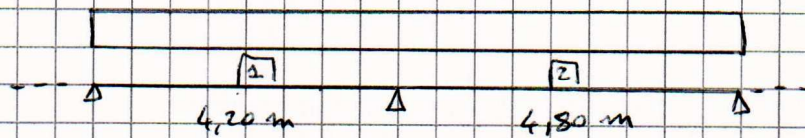
$$q_d + Q_d = 69,69$$

$$b = M_{ed} \frac{t^2}{d} = 69,69 \frac{0,018^2}{0,24^2} = 0,39 \text{ m} \Rightarrow 40 \times 30$$

$$M_{red} = \frac{b d^2}{t^2} = \frac{0,4 \times 0,24^2}{0,018^2} = 71,11 \text{ KNm}$$

VERIFICA TRAVE EMERGENTE

Ipotezzate 30 x 50



Carichi 1 - 2

solero $(2,05 \times 1,2) + (2,15 \times 1) = 4,61$

$q_d \left(\frac{KN}{m} \right)$

$5,63 \times 4,61 = 25,95$

$Q_d \left(\frac{KN}{m} \right)$

$4,8 \times 4,61 = 22,13$

trave emergente

3,59

$q_{ol} = 29,54$

$Q_d = 22,13$

$q_d + Q_d = 51,67 \frac{KN}{m}$

Rigidità aste

$I_1 = \frac{4}{4,20} EI = 0,95 EI$

$I_2 = \frac{4}{4,80} EI = 0,83 EI$

Coefficienti di ripartizione

$\frac{I_1}{I_1 + I_2} = 0,53$

$\frac{I_2}{I_1 + I_2} = 0,47$

Momenti

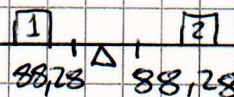
$\frac{q l^2}{12} = \frac{51,67 \times 4,20^2}{12} = 75,95$

caricato 1

$\frac{q l^2}{12} = \frac{51,67 \times 4,80^2}{12} = 99,21$

caricato 2

$\Delta M = 23,26 KNm$



$M_{ed} = 88,28$

Trave ipotizzate 30 x 50

$$M_{rd} = \frac{0,3 \times 0,46^2}{0,018^2} = 195,9 \text{ KN m} \quad \text{OK VERIFICATA!}$$

TRAVE A SPESSORE 108

Come si può osservare nei calcoli eseguiti per la travata 102, la trave deve portare un carico medio

$$q = 10,78 \text{ KN/m}$$

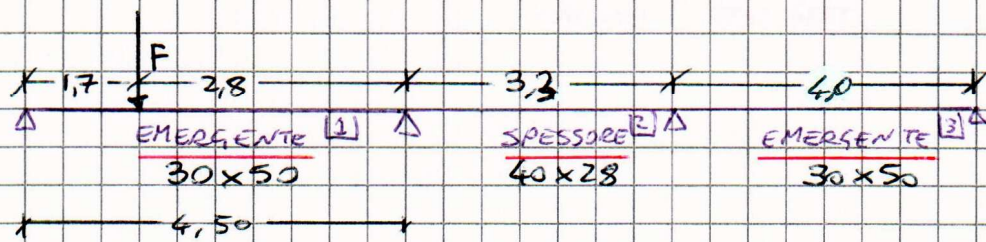
Dato che la trave è assimilabile ad uno schema di trave appog-appog, il suo momento massimo sarà:

$$M_{Ed} = \frac{ql^2}{8} = \frac{10,78 \times 5,7^2}{8} = 43,78 \text{ KN m}$$

La sezione ipotizzata è 30×28

$$M_{rd} = \frac{0,3 \times 0,24^2}{0,018^2} = 53,33 \text{ KN m} > M_{Ed} \quad \text{VERIFICATA!}$$

TRAVATA 102



CAMPATA 1

TRATTO 0 - 1,7 m

Trave emergente
Temperatura

$q_d \left(\frac{KN}{m} \right)$	Q_d
3,59	—
6,58	—

$$\underline{q_d = 10,17}$$

TRATTO 1,7 - 4,5 m

Piezorella scala comune
Rampa scala comune
Trave emergente
Temperatura

$q_d \left(\frac{KN}{m} \right)$	$Q_d \left(\frac{KN}{m} \right)$
$1,25 \times 5,33 = 6,66$	$1,25 \times 6 = 7,5$
$1,60 \times 10,36 = 16,58$	$1,6 \times 6 = 9,6$
3,59	—
6,58	—

$$\underline{q_d = 33,41}$$

$$\underline{Q_d = 17,1}$$

CAMPATA 2

Sclero $(2,3 \times 1,2) + (2,85 \times 1,1) = 5,90$
Trave spessore

$q_d \left(\frac{KN}{m} \right)$	$Q_d \left(\frac{KN}{m} \right)$
$5,63 \times 5,9 = 33,22$	$4,8 \times 5,9 = 28,32$
2,89	—

$$\underline{q_d = 36,11}$$

$$\underline{Q_d = 28,32}$$

CAMPATA 3

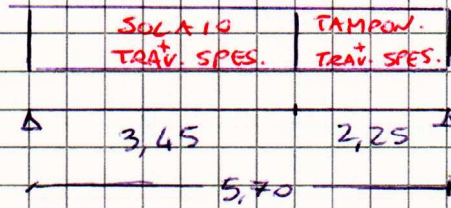
Sclero
Trave emergente

$q_d \left(\frac{KN}{m} \right)$	$Q_d \left(\frac{KN}{m} \right)$
$5,63 \times 2,3 = 12,85$	$4,8 \times 2,3 = 11,04$
3,59	—

$$\underline{q_d = 16,54}$$

$$\underline{Q_d = 11,04}$$

FORZA F



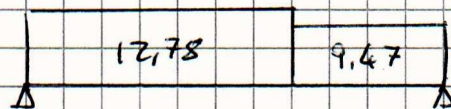
	$G_d \left(\frac{KN}{m} \right)$	$Q_d \left(\frac{KN}{m} \right)$
Solaio	$0,85 \times 5,63 = 4,79$	$6 \times 0,85 = 5,1$
Trave a spessore	2,89	—

7,68 5,1

TOT $(7,68 + 5,1) = 12,78$

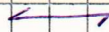
	$G_d \left(\frac{KN}{m} \right)$	$Q_d \left(\frac{KN}{m} \right)$
Temperatura	6,58	—
Trave a spessore	2,89	—

9,47



$$\frac{(9,47 \times 3,45) + (12,78 \times 2,25)}{5,7} = 10,78 \text{ KN/m}$$

$$F = 10,78 \times 2,85 = 30,72 \text{ KN}$$

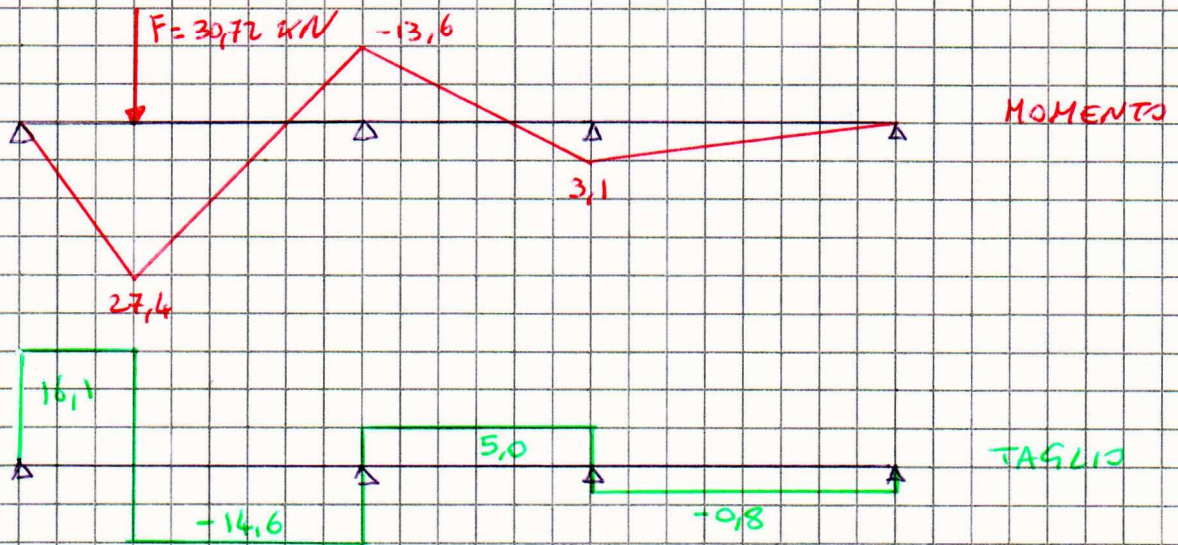


MEDIA CAMPATA 1

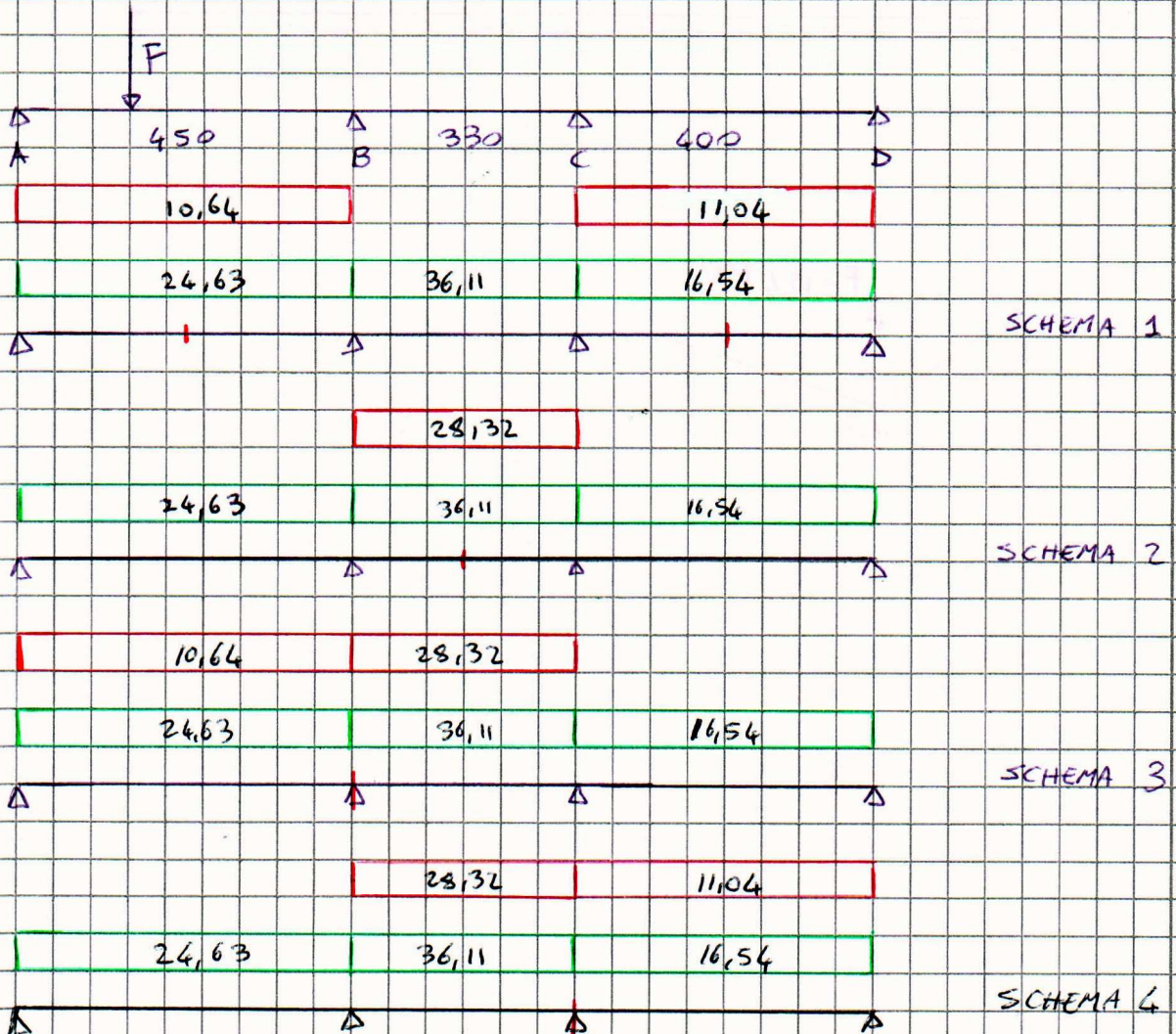
$$G_d = \frac{(10,17 \times 1,7) + (33,41 \times 2,8)}{4,5} = 24,63 \text{ KN/m}$$

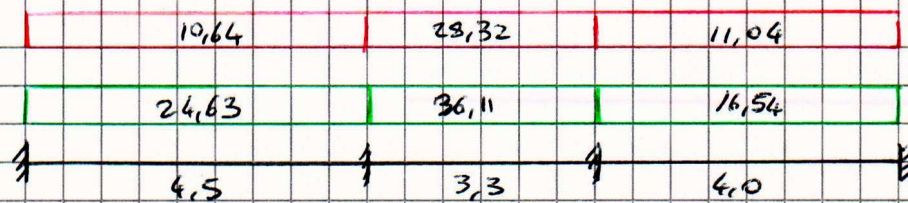
$$Q_d = \frac{17,1 \times 2,8}{4,5} = 10,64 \text{ KN/m}$$

FORZA F SU TRAVATA 102



SCHEMI DI CARICO





SCHEMA 5

CAMPATA 1

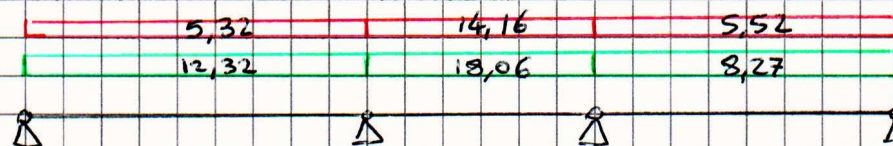
$$\frac{ql^2}{12} = \frac{35,27 \times 4,5^2}{12} = 59,52$$

CAMPATA 2

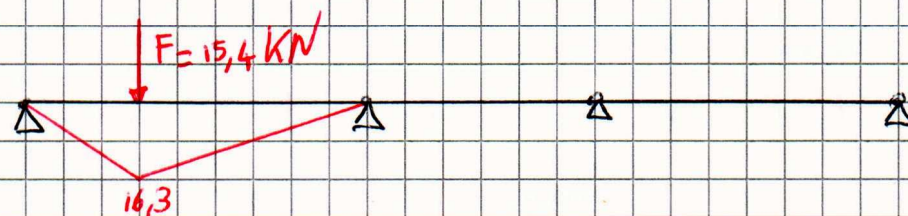
$$\frac{ql^2}{12} = \frac{64,43 \times 3,3^2}{12} = 58,47$$

CAMPATA 3

$$\frac{ql^2}{12} = \frac{27,58 \times 4,0^2}{12} = 36,77$$



SCHEMA 6



Progetto delle armature della travata 102

Resistenza a trazione media	f_{ctm}	2,56	MPa
Tensione di snervamento caratteristica	f_{yk}	450,00	MPa
Tensione di snervamento di progetto	f_{yd}	391,3	MPa

$$A_{smin} = (0,26 f_{ctm} b d) / f_{yk}$$

TRAVE EMERGENTE 30X50

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$d = 50 - 4 = 46 \text{ cm}$$

$$A_{smin} = (0,26 \times 2,56 \times 30 \times 46) / 450 = 2,04 \text{ cm}^2 \quad 2\emptyset 14 (3,08 \text{ cm}^2)$$

$$M_{Rd} (2\emptyset 14) = 0,9 d A_s f_{yd} \times 2 = 49,90 \text{ kNm}$$

TRAVE A SPESSORE 40X28

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$d = 28 - 4 = 24 \text{ cm}$$

$$A_{smin} = (0,26 \times 2,56 \times 40 \times 28) / 450 = 1,66 \text{ cm}^2 \quad 2\emptyset 14 (3,08 \text{ cm}^2)$$

$$M_{Rd} (2\emptyset 14) = 0,9 d A_s f_{yd} \times 2 = 26,03 \text{ kNm}$$

minima superiore il 40% dell'area massima di acciaio necessaria agli appoggi, dato riportato sotto, dunque:

$$A_{max,nec} = 8,96 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 8,96 \times 0,4 = 3,58 \text{ cm}^2$$

Data la vicinanza del valore con quello precedente, l'armatura minima superiore necessaria rimane invariata:

$$2\emptyset 14 (3,08 \text{ cm}^2)$$

$$A_s = M_{Ed} / (0,9 \times d \times f_{yd})$$

Armatura inferiore					
CAMPATA	M_{Ed}	d	A_s	Barre	$M_{Rd} \text{ (kNm)}$
1	91,55	0,46	5,65	$2\emptyset 14 + 1\emptyset 20$	100,77
2	43,81	0,24	5,18	$2\emptyset 14 + 1\emptyset 20$	52,58
3	41,55	0,46	2,56	$3\emptyset 14$	74,85

Armatura superiore					
APPOGGIO	M_{Ed}	d	A_s	Barre	M_{Rd}
1	59,52	0,46	3,67	$3\emptyset 14$	74,85
2 sx	75,70	0,46	4,67	$2\emptyset 14 + 2\emptyset 20$	151,64
2 dx	75,70	0,24	8,96	$2\emptyset 14 + 2\emptyset 20$	79,12
3 sx	55,37	0,24	6,55	$2\emptyset 14 + 1\emptyset 20$	52,58
3 dx	55,37	0,46	3,42	$2\emptyset 14 + 1\emptyset 20$	100,77
4	36,77	0,46	2,27	$2\emptyset 14$	49,90

TRAVE EMERGENTE 30X50

$$M_{Rd} (1\emptyset 14) = 0,9 d A_s f_{yd} = 24,95 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} (1\emptyset 20) = 0,9 d A_s f_{yd} = 50,87 \text{ kNm}$$

TRAVE A SPESSORE 40X28

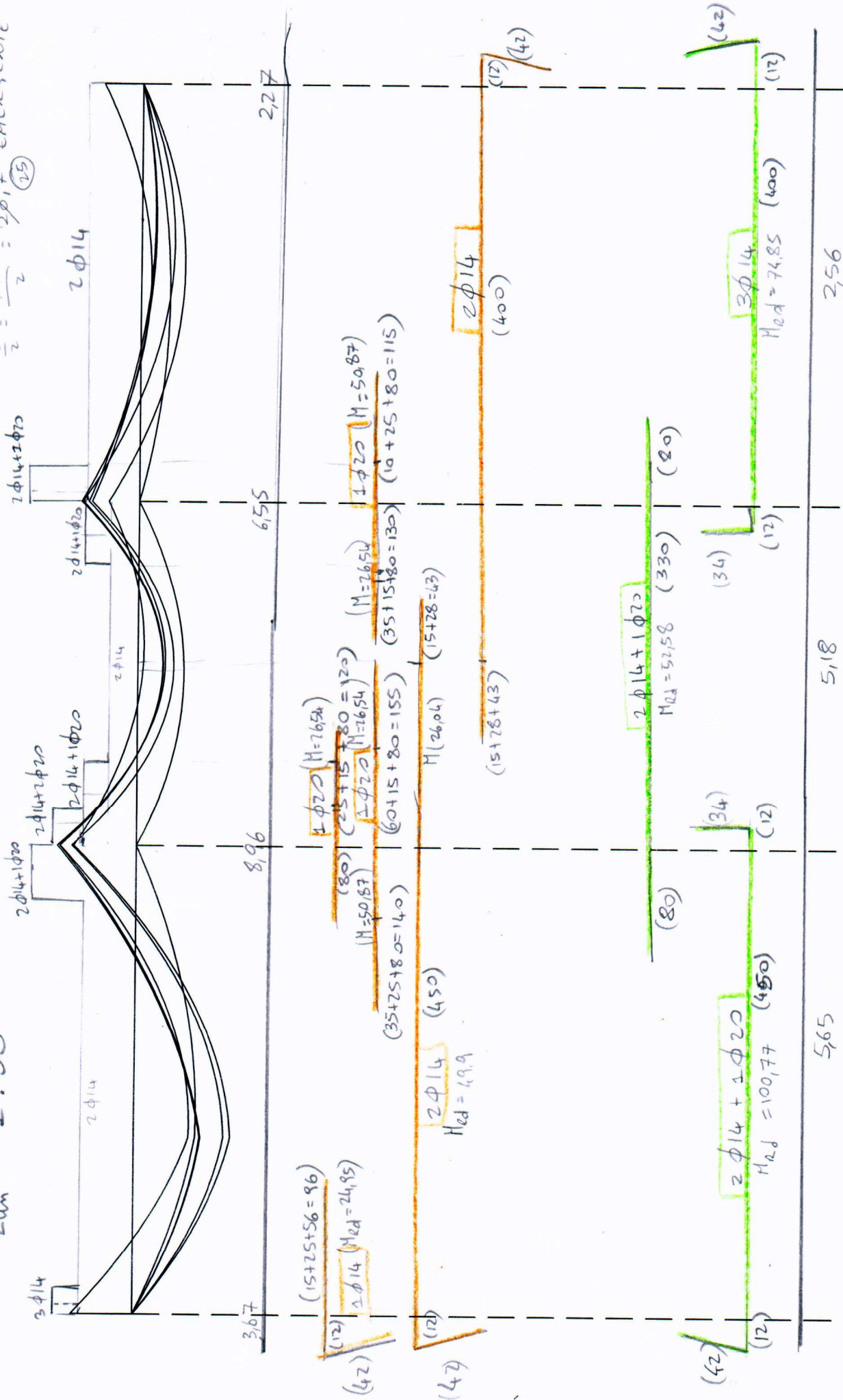
$$M_{Rd} (1\emptyset 14) = 0,9 d A_s f_{yd} = 13,02 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} (1\emptyset 20) = 0,9 d A_s f_{yd} = 26,54 \text{ kNm}$$

M 1 cm = 50 kN/m
Lun 1:50

$$\frac{z}{2} = \frac{98d}{2} = 19,8 \text{ SPESORE}$$

$$\frac{z}{2} = \frac{98d}{2} = 2\phi 1,7 \text{ EMERSENTE}$$



Verifico se devo disporre armatura compressa:

$$M_{Rd} = (B x d^2) / r^2$$

CAMPATE

TRAVE EMERGENTE 30X50

$$M_{Rd(As'=0)} = (B x d^2) / r^2 = (0,3 x 0,46^2) / 0,0197^2 = 163,57 \quad \text{kNm}$$

CAMPATA	M_{Ed}
1	91,55
3	41,55

Per le campate 1 e 3, con travi emergenti, trovo valori di $M_{Ed} < M_{Rd}$ dunque non dispongo armatura compressa.

TRAVE A SPESSORE 40X28

$$M_{Rd(As'=0)} = (B x d^2) / r^2 = (0,4 x 0,24^2) / 0,0197^2 = 59,37 \quad \text{kNm}$$

CAMPATA	M_{Ed}
2	43,81

Per la campata 2, con trave a spessore, trovo $M_{Ed} < M_{Rd}$ dunque non dispongo armatura in compressione.

APPOGGI

TRAVE EMERGENTE 30X50

$$M_{Rd(As'=0)} = (B x d^2) / r^2 = (0,3 x 0,46^2) / 0,0197^2 = 163,57 \quad \text{kNm}$$

APPOGGIO	M_{Ed}
1	59,52
2 sx	75,70
3 dx	55,37
4	36,77

Per gli appoggi in corrispondenza delle travi emergenti non occorre armatura compressa perché risulta sempre $M_{Ed} < M_{Rd}$

TRAVE A SPESSORE 40X28

$$M_{Rd(As'=0)} = (B x d^2) / r^2 = (0,4 x 0,24^2) / 0,0197^2 = 59,37 \quad \text{kNm}$$

APPOGGIO	M_{Ed}
2 dx	75,70
3 sx	55,37

Per l'appoggio 2 a destra, dove ho la trave a spessore, occorre armatura in compressione perché risulta $M_{Ed} > M_{Rd}$

$$\Delta M = 75,70 - 59,37 = 16,33 \quad \text{kNm}$$

$$c = 4 \quad \text{cm}$$
$$\gamma = c/d = 4/24 = 0,17 \quad \gamma > 0,11 \quad \text{l'armatura compressa non è snervata}$$

$$s' = 7,15 \times (0,25 - c/d) = 0,60$$

$$A'_s = \Delta M / [(d - c) s' f_{yd}] = 3,50 \quad \text{cm}^2$$

Considerando che nell'appoggio in questione l'armatura compressa è quella inferiore, dove ho 2Ø14+1Ø20, per un totale di 6,22 cm², l'area necessaria è già abbondantemente soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO TRAVE

$$V_{Rd,max} = (b_w z v f_{cd} \cot\theta) / (1 + \cot\theta^2)$$

TRAVE EMERGENTE 30X50

$$z = 0,9 d = 0,9 \times 46 = 41,4 \text{ cm}$$

$$v = 0,5$$

$$\cot\theta = 2$$

$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = 30 \times 41,4 \times 0,5 \times 14,17 \times 2 / 5 \times 10^{-1} = 351,98 \text{ kN} > V_{ed} = 82,08 \text{ kN}$$

TRAVE A SPESSORE 40X28

$$z = 0,9 d = 0,9 \times 24 = 21,6 \text{ cm}$$

$$v = 0,5$$

$$\cot\theta = 2$$

$$b_w = 40 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = 40 \times 21,6 \times 0,5 \times 14,17 \times 2 / 5 \times 10^{-1} = 244,86 \text{ kN} > V_{ed} = 89,42 \text{ kN}$$

Armatura minima

$$A_{st}/s \geq 0,15 b_w$$

TRAVE EMERGENTE 30X50

$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$A_{st}/s \geq 0,15 b_w = 0,15 \times 30 = 4,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Una barra $\emptyset 8$ ha un'area di $0,5 \text{ cm}^2$, se considero una staffatura a 2 bracci, l'area $A=1,0 \text{ cm}^2$ dunque:

$$n_{\emptyset 8} = 4,5/1 = 4,5$$

$$\text{numero di staffe al metro} \quad 5\emptyset 8/100$$

cioè $\emptyset 8/20$

$$s \leq 0,8 d = 0,8 \times 46 = 36,8 \text{ cm} \quad \text{verificata}$$

Resistenze delle armature con $\cot\theta = 2$

$$V_{Rd,s} = 0,9 d (A_{sw}/s) f_{yd} \cot\theta$$

$$\emptyset 8/20 \quad V_{Rd,s} = 0,9 \times 46 \times (5/100) \times 391,3 \times 2 \times 10^{-1} = 162,00 \text{ kN} > V_{ed} = 82,08 \text{ kN}$$

TRAVE A SPESSORE 40X28

$$b_w = 40 \text{ cm}$$

$$A_{st}/s \geq 0,15 b_w = 0,15 \times 40 = 6,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Una barra $\emptyset 8$ ha un'area di $0,5 \text{ cm}^2$, se considero una staffatura a 2 bracci, l'area $A=1,0 \text{ cm}^2$ dunque:

$$n_{\emptyset 8} = 6/1 = 6$$

$$\text{numero di staffe al metro} \quad 6\emptyset 8/100$$

$$\text{ma} \quad s \leq 0,8 d = 0,8 \times 24 = 19,2 \text{ cm} \quad \text{cioè } s = 15 \text{ cm}$$

cioè $\emptyset 8/15$

Resistenze delle armature con $\cot\theta = 2$

$$V_{Rd,s} = 0,9 d (A_{sw}/s) f_{yd} \cot\theta$$

$$\emptyset 8/15 \quad V_{Rd,s} = 0,9 \times 24 \times (6/100) \times 391,3 \times 2 \times 10^{-1} = 101,42 \text{ kN} > V_{ed} = 89,42 \text{ kN}$$

Armatura di parete

Ho operato una traslazione del diagramma dei momenti di $z/2$ dunque:

$$V_{Ed} = 114,53 \text{ kN}$$

$$A_{par} = V_{Ed} \cot\theta / 4 f_{yd} = 1,46 \text{ cm}^2 \quad \text{metto } 2\emptyset 14 (3,08 \text{ cm}^2)$$

TAGLIO TRAVE

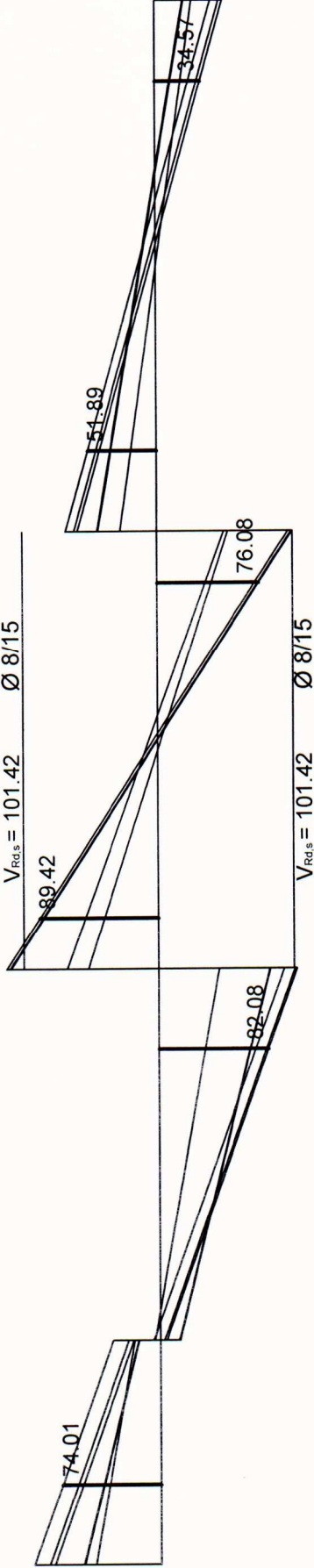
$V_{Rd,s} = 162.00$ Ø 8/20

$V_{Rd,max} = 351.98$

$V_{Rd,max} = 244.86$

$V_{Rd,s} = 162.00$ Ø 8/20

$V_{Rd,s} = 162.00$ Ø 8/20



$V_{Rd,s} = 162.00$ Ø 8/20

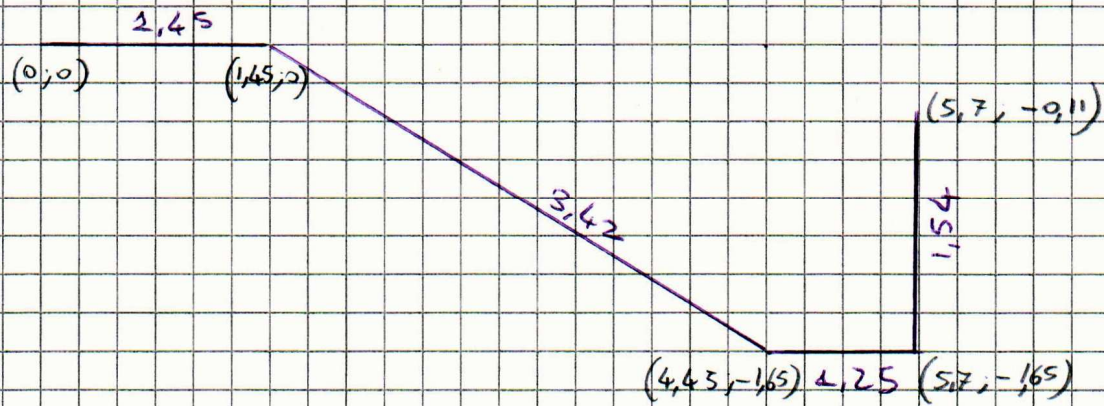
$V_{Rd,s} = 162.00$ Ø 8/20

$V_{Rd,max} = 244.86$

$V_{Rd,s} = 162.00$ Ø 8/20

$V_{Rd,max} = 351.98$

SCALA ALLA GILBERTI



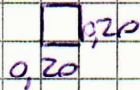
PIANEROTTOLI (alleggeriti)

$$(q_d + q_{dl}) + b_e = (5,33 + 6) \cdot 1,25 = 14,16 \text{ kN/m}$$

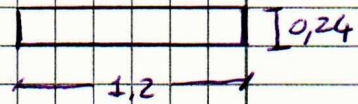
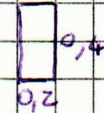
SOLETTA (piene)

$$(q_d + q_{dl}) = (12,95 + 6) \cdot 1,2 = 22,74 \text{ kN/m}$$

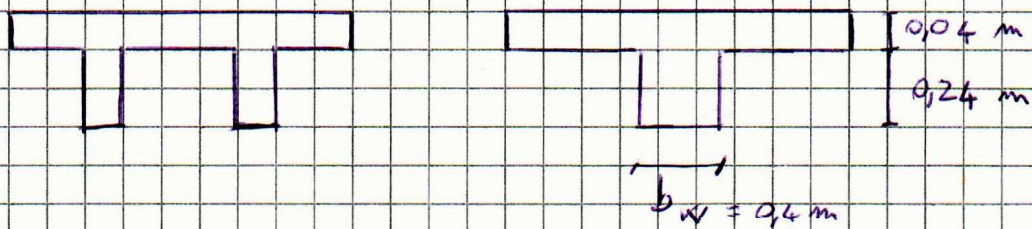
PILASTRINI



→ 2 pilastri



SEZIONE PIANEROTTOLI



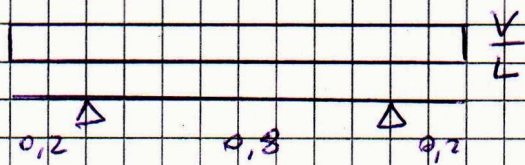
$$A_{rea} = 0,144 \text{ m}^2$$

$$\chi = \frac{\text{area sezione}}{\text{area enne}} = \frac{0,144}{0,096} = 1,5$$

$$\frac{A}{\chi} = 0,096$$

$$I = 0,0010944 \text{ m}^4$$

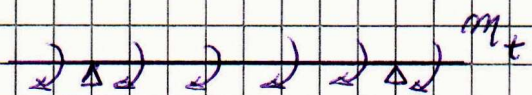
TRAVE DI BORDO



$$V_{ed} = 36,75 \text{ kN}$$

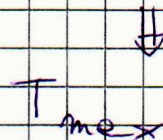
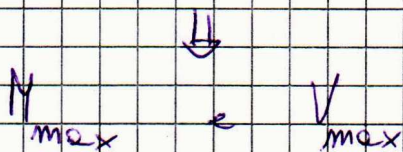
$$L_e = 1,2 \text{ m}$$

$$\frac{V_{ed}}{L} = 30,63 \text{ kN/m}$$



$$M_{ed} = 56,60 \text{ kNm}$$

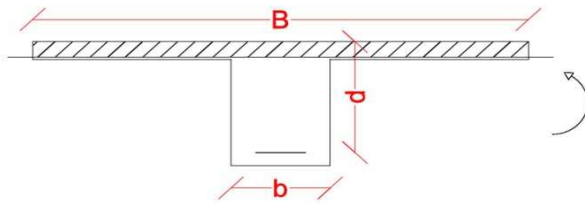
$$m_t = \frac{M_{ed}}{L_e} = \frac{56,60}{1,2} = 47,17 \text{ kNm}$$



Progetto scala alla Giliberti

PROGETTO A FLESSIONE

PIANEROTTOLO

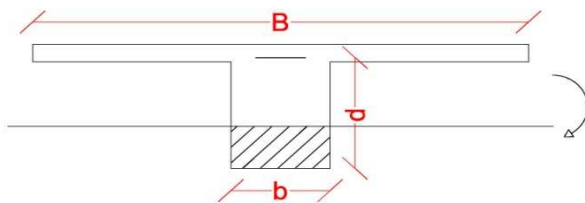


$$B = 1,20 \text{ m}$$

$$d = 0,28 - 0,03 = 0,25 \text{ m}$$

$$M_{Rd}^+ = (Bxd^2)/r^2 = [1,2 \times (0,25)^2] / (0,0197)^2 = -193,25 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd}^+ > M_{ed} = -76,83 \text{ kNm}$$



$$b = 0,45 \text{ m}$$

$$d = 0,28 - 0,03 = 0,25 \text{ m}$$

$$M_{Rd}^- = (bxd^2)/r^2 = [0,45 \times (0,25)^2] / (0,0197)^2 = 72,47 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd}^- > M_{ed} = 69,41 \text{ kNm}$$

RAMPA

$$b_r = 1,2 \text{ m}$$

$$c = 0,025 + 0,008 + 0,07 = 0,04 \text{ m}$$

$$d = h - c = 0,24 - 0,04 = 0,20 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = (b_r xd^2)/r^2 = [1,2 \times (0,20)^2] / (0,0197)^2 = 123,68 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} > M_{ed} = 78,20 \text{ kNm}$$

$$A_s = M_{Ed} / (0,9 \times d \times f_{yd})$$

Armatura superiore				
M_{Ed}	d	A_s	Barre	
76,83	0,25	8,73	6Ø14	9,24 cm ²

$$M_{Rd} (1\text{Ø}14) = 0,9 \times d \times A_s \times f_{yd} = 13,56 \text{ kNm}$$

Armatura inferiore				
M_{Ed}	d	A_s	Barre	
78,20	0,20	11,10	8Ø14	12,32 cm ²

$$M_{Rd} (1\text{Ø}14) = 0,9 \times d \times A_s \times f_{yd} = 10,85 \text{ kNm}$$

VERIFICA A TAGLIO TRAVE

$$V_{Rd,c} = \{[0,18 k^3 v(100 \rho_l f_{ck})]/\gamma_c + 0,15 \sigma_{cp}\} b_w d$$

$$V_{Rd,c} = \{[0,035 v(k^3 f_{ck})] + 0,15 \sigma_{cp}\} b_w d$$

RAMPA

$$N_{Ed} = 55,86 \text{ kN}$$

$$A_c = 120 \times 24 = 2880 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0194 \text{ kN/cm}^2 = 0,194 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{sl} = 12,32 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 120 \text{ cm}$$

$$\rho_l = A_{sl}/b_w d = 12,32/(120 \times 20) = 0,0051$$

$$k = 1 + v(200/d) = 2$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = \{[0,18 \times 2 \times v(100 \times 0,0051 \times 25)]/1,5 + (0,15 \times 0,194)\} \times 120 \times 20 \times 10^{-1} = 141,62 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = [0,035 \times v(2^3 \times 25) + (0,15 \times 0,194)] \times 120 \times 20 \times 10^{-1} = 125,78 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} > V_{ed} = 57,87 \text{ kN}$$

PIANEROTTOLO

$$N_{Ed} = 36,75 \text{ kN}$$

$$A_c = 120 \times 4 = 480 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0766 \text{ kN/cm}^2 = 0,766 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{sl} = 9,24 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 120 \text{ cm}$$

$$\rho_l = A_{sl}/b_w d = 9,24/(120 \times 25) = 0,00308$$

$$k = 1 + v(200/d) = 1,89$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = \{[0,18 \times 1,89 \times v(100 \times 0,00308 \times 25)]/1,5 + (0,15 \times 0,766)\} \times 120 \times 25 \times 10^{-1} = 168,83 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = [0,035 \times v(1,89^3 \times 25) + (0,15 \times 0,766)] \times 120 \times 25 \times 10^{-1} = 170,88 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} > V_{ed} = 74,00 \text{ kN}$$

PILASTRINI 20X20 TENSOFFLESSIONE

$$A_c = 20 \times 20 = 400 \text{ cm}^2$$

$$f_{cd} = 14,17 \text{ MPa}$$

$$c = 4 \text{ cm}$$

$$f_{yd} = 391,3 \text{ MPa}$$

$$M_{Ed} = 28,30 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 28,98 \text{ kN}$$

$$N_{c,max} = A_c f_{cd} = 566,8 \text{ kN}$$

$$M_{c,max} = 0,12 A_c h f_{cd} = 13,60 \text{ kNm}$$

$$v_M = 0,48$$

$$M_{c(N)} = M_{c,max} \{1 - [(N_{Ed} + 0,48 N_{c,max})/(0,48 N_{c,max})]^2\} = 13,60 \times \{1 - [(28,98 + 0,48 \times 566,8)/(0,48 \times 566,8)]^2\} = 3,05 \text{ kNm}$$

$$M_{s,Ed} = |M_{Ed}| - M_{c(N)} = 28,30 - 3,05 = 25,25 \text{ kNm}$$

$$z_{s,eq} = h - 2c = 20 - 2 \times 4 = 12$$

$$A_s = M_{s,Ed} / z_{s,eq} f_{yd} = 5,38 \text{ cm}^2$$

Dispongo 2Ø20 (6,28 cm²) da entrambi i lati con staffe Ø8/25

TRAVE DI BORDO FUORI PIANO

$$M_{Ed} = 56,60 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 36,75 \text{ kNm}$$

$$L_t = 1,2 \text{ m}$$

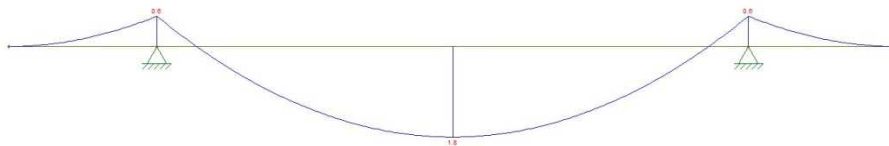
Devo risolvere due schemi, uno con carico distribuito pari a V_{Ed}/L_t

$$V_{Ed}/L_t = 36,75/1,2 = 30,63 \text{ kNm}$$

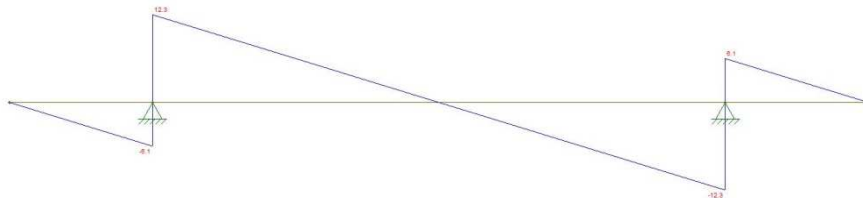
L'altro schema avrà un momento torcente m_t dato da M_{Ed}/L_t

$$m_t = M_{Ed}/L_t = 56,60/1,2 = 47,17 \text{ kNm}$$

Dalla risoluzione del primo schema ricavo:

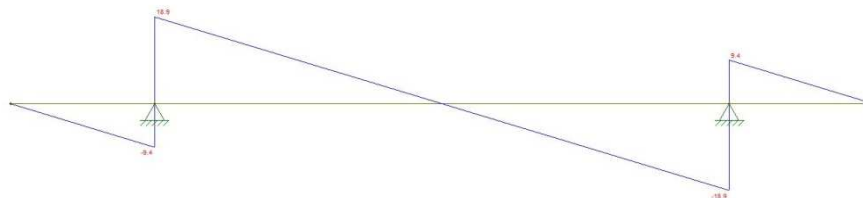


$$M_{max} = 1,8 \text{ kNm}$$



$$V_{max} = 12,3 \text{ kN}$$

Dalla risoluzione del secondo schema ricavo:



$$T_{max} = 18,9 \text{ kNm}$$

PROGETTO A FLESSIONE

$$d = h - c = 0,28 - 0,04 = 0,24 \text{ m}$$

$$b = r^2 \times M_{max} / d^2 = (0,019^2 \times 1,8) / 0,24^2 = 0,011 \text{ m} = 1,1 \text{ cm}$$

sezione 10x28

PROGETTO A TORSIONE

$$\cot \theta = 2$$

$$t = 2c = 8 \text{ cm}$$

$$v = 0,5$$

$$A_k = [T_{max} \times (1 + \cot^2 \theta)] / (2 \times v \times f_{cd} \times t \times \cot \theta) = [18,9 \times (1 + 2^2)] / (2 \times 0,5 \times 14,17 \times 8 \times 2) \times 10^3 = 416,8 \text{ cm}^2$$

$$h_k = 28 - 8 = 20 \text{ cm}$$

$$b_k = A_k / h_k = 416,8 / 20 = 20,84 \text{ cm} \quad \text{sezione } 30 \times 28$$

$$t = A / u = 840 / 116 = 7,24 \quad t = 8 \text{ cm}$$

$$A_k = 22 \times 18 = 440 \text{ cm}^2$$

sezione 30x28

VERIFICA TAGLIO E TORSIONE

sezione 30X28

$$V_{\max} = 12,3 \text{ kN}$$

$$T_{\max} = 18,9 \text{ kNm}$$

$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$z = 0,9 d = 0,9 \times 24 = 21,6 \text{ cm}$$

$$v = 0,5$$

$$\cot\theta = 2$$

$$V_{Rd,\max} = (b_w z v f_{cd} \cot\theta) / (1 + \cot^2\theta) = (30 \times 21,6 \times 0,5 \times 14,17 \times 2) \times 10^{-1} / (1 + 2^2) = 183,64 \text{ kN}$$

$$T_{Rd,\max} = (2 v f_{cd} t A_k \cot\theta) / (1 + \cot^2\theta) = (2 \times 0,5 \times 14,17 \times 8 \times 440 \times 2) \times 10^{-3} / (1 + 2^2) = 19,95 \text{ kNm}$$

$$T_{\max}/T_{Rd,\max} + V_{\max}/V_{Rd,\max} \leq 1$$
$$(18,9/19,95) + (12,3/183,64) = 1$$

PROGETTO ARMATURA A FLESSIONE

$$A_s = M_{\max} / 0,9 d f_{yd} = (1,8 \times 10) / (0,9 \times 0,24 \times 391,3) = 0,21 \text{ cm}^2$$

PROGETTO ARMATURA A TAGLIO

$$A_{s/s} = V_{\max} / 0,9 d f_{yd} \cot\theta = (12,3 \times 10) / (0,9 \times 0,24 \times 391,3 \times 2) = 0,73 \text{ cm}^2$$

Una barra $\varnothing 8$ ha un'area di $0,5 \text{ cm}^2$, se considero una staffatura a 2 bracci, l'area $A=1,0 \text{ cm}^2$ dunque:
 $n_{\varnothing 8} = 0,73/1 = 0,73$

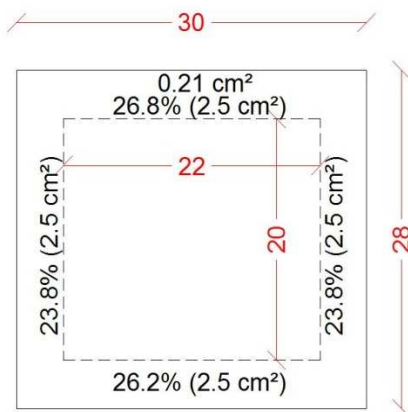
PROGETTO ARMATURA A TORSIONE

$$A_{s/s} = T_{\max} / 2 A_k f_{yd} \cot\theta = (18,9 \times 10^5) / (2 \times 440 \times 391,3 \times 2) = 2,74 \text{ cm}^2$$

Una barra $\varnothing 8$ ha un'area di $0,5 \text{ cm}^2$, considero una staffatura a 1 braccio, l'area $A=0,5 \text{ cm}^2$ dunque:
 $n_{\varnothing 8} = 2,74/0,5 = 5,48$

$$u_k = 2 \times (22 + 20) = 84 \text{ cm}$$

$$A_{s,\text{lon}} = (T_{\max} u_k \cot\theta) / 2 A_k f_{yd} = (18,9 \times 84 \times 2 \times 10^3) / (2 \times 440 \times 391,3) = 9,22 \text{ cm}^2$$



Armatura:

disporrò 4 $\varnothing 20$ agli spigoli per la torsione, in questo modo avrò superiormente $3,14 \text{ cm}^2$, sufficienti per portare anche il momento flettente.

Staffatura:

per il taglio occorrono 0,73 per la torsione 5,48 staffe al metro, in totale 6,21 staffe al metro, metto:
 $\varnothing 8/15$

VERIFICA AMPIEZZA DELLE FESSURE

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

L'edificio si trova in classe XC dunque in condizioni ordinarie, inoltre le armature sono poco sensibili alla corrosione perché si è utilizzato un acciaio ordinario. Di conseguenza lo stato limite di fessurazione sarà:

per combinazione frequente apertura fessure $\leq w_3=0,4$ mm

per combinazione quasi permanente apertura fessure $\leq w_2=0,3$ mm

Faccio questa verifica nella travata 102, in corrispondenza della prima campata, dove ho progettato una trave emergente 30x50 cm

$$S_{r,max} = K_3 r + K_1 K_2 K_4 \sigma / \rho_{eff}$$

$$K_1 = 0,8 \quad \text{barre ad aderenza migliorata}$$

$$K_2 = 0,5 \quad \text{flessione}$$

$$K_3 = 3,4$$

$$K_4 = 0,425$$

$$r = 3 \text{ cm} = 30 \text{ mm}$$

$$\sigma_{eq} = (n_1 \sigma_1^2 + n_2 \sigma_2^2) / (n_1 \sigma_1 + n_2 \sigma_2) = (2 \times 14^2 + 1 \times 20^2) / (2 \times 14 + 1 \times 20) = 16,5 \text{ mm}$$

$$A_{c,eff} = 2,5c \times b = 2,5 \times 4 \times 30 = 300 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{eff} = A_s / A_{c,eff} = 6,22 / 300 = 0,021$$

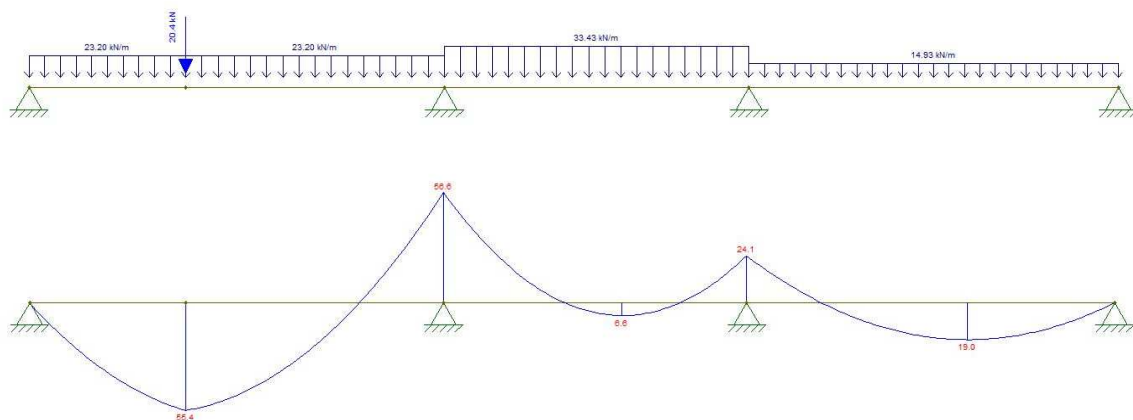
$$\sigma_{eq} / \rho_{eff} = 16,5 / 0,021 = 785,71$$

$$S_{r,max} = 3,4 \times 30 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 785,71 = 235,6 \text{ mm}$$

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

$$G_k + \psi_2 Q_k$$

$$\psi_2 = 0,3 \quad (\text{categoria A})$$



$$M = 55,4 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{s2} = M / 0,9 d A_s = 55,4 \times 10^3 / 0,9 \times 0,46 \times 6,22 = 215,14 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_{s2} = \sigma_{s2} / E_s = 215,14 / 200000 = 0,0011$$

$$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=\epsilon_{s2}-[(k_t f_{ctm}/E_s \rho_{eff}) (1+ E_s \rho_{eff}/E_{cm})]$$

$k_t = 0,4$ per carichi di lunga durata

$$f_{ctm}=2,56 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=0,0011-[(0,4 \times 2,56/200000 \times 0,021) (1+ 6,35 \times 0,021)]=0,0008$$

per normativa

$$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm} \geq 0,6 \epsilon_{s2} = 0,6 \times 0,0011 = 0,0007$$

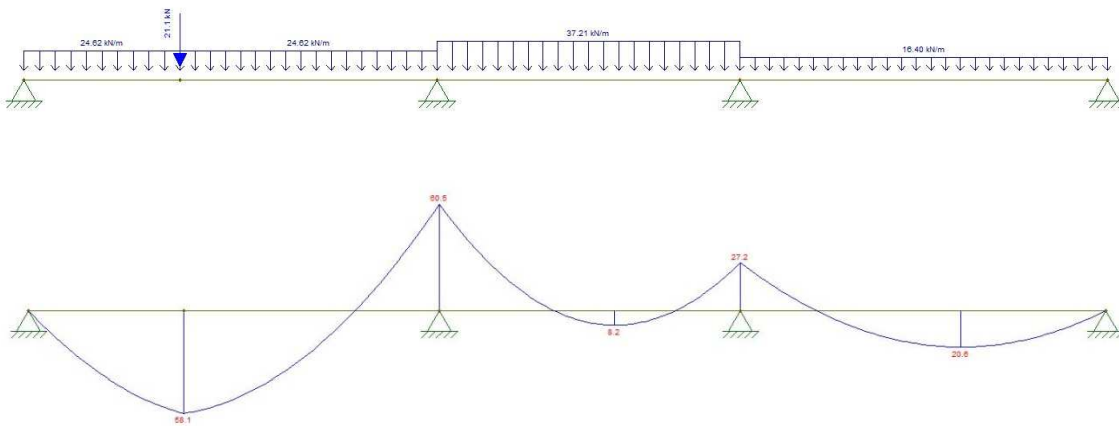
devo considerare il più grande, dunque $\epsilon_{s2}=0,0008$

$$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}) = 235,6 \times 0,0008 = 0,19 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm} \quad \text{VERIFICATA}$$

COMBINAZIONE FREQUENTE

$$G_k + \Psi_2 Q_k$$

$$\Psi_2 = 0,5 \quad (\text{categoria A})$$



$$M = 58,1 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{s2} = M/0,9 d A_s = 58,1 \times 10^3 / (0,9 \times 0,46 \times 6,22) = 225,62 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_{s2} = \sigma_{s2}/E_s = 225,62/200000 = 0,0011$$

$$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=\epsilon_{s2}-[(k_t f_{ctm}/E_s \rho_{eff}) (1+ E_s \rho_{eff}/E_{cm})]$$

$k_t = 0,4$ per carichi di lunga durata

$$f_{ctm}=2,56 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=0,0011-[(0,4 \times 2,56/200000 \times 0,021) (1+ 6,35 \times 0,021)]=0,0008$$

per normativa

$$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm} \geq 0,6 \epsilon_{s2} = 0,6 \times 0,0011 = 0,0007$$

devo considerare il più grande, dunque $\epsilon_{s2}=0,0008$

$$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}) = 235,6 \times 0,0008 = 0,19 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm} \quad \text{VERIFICATA}$$

VERIFICA AMPIEZZA DELLE FESSURE SENZA CALCOLO DIRETTO (COMB. QUASI PERMANENTE)**1ª CONDIZIONE**

$$A_s \geq 0,26 (f_{ctm}/f_{yk}) b d$$

$$A_{s,min} = 0,26 \times (2,56/450) \times 30 \times 46 = 2,04 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 6,22 \text{ cm}^2 > A_{s,min} \quad \text{VERIFICATA}$$

2ª CONDIZIONE (DIAMETRO MASSIMO DELLE BARRE)

Diametri massimi delle barre ϕ^*_s per il controllo della fessurazione¹⁾

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	-

$$\sigma_s = M/0,9 d = 55,4 \times 10 / (0,9 \times 0,46 \times 6,22) = 215,14 \text{ Mpa}$$

per combinazione quasi permanente apertura fessure $\leq w_2 = 0,3 \text{ mm}$

$$\phi^*_s = 22 \text{ mm}$$

In presenza di flessione la formula diventa:

$$\phi_s = [\phi^*_s (f_{ct,eff}/2,9) k_c h_{cr}] / [2 (h-d)]$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$h_{cr} = h/2 = 50/2 = 25 \text{ cm}$$

$$k_c = 0,4$$

$$\phi_s = (22 \times 2,56 \times 0,4 \times 25) / [2,9 \times 2 \times (50 - 46)] = 24,28 \text{ mm}$$

Avendo utilizzato barre al massimo con diametro $\phi 20 < 24,28 \text{ mm}$ la condizione è VERIFICATA

Sarebbe superfluo, ma verifichiamo anche la terza condizione.

3ª CONDIZIONE (SPAZIATURA MASSIMA DELLE BARRE)

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione¹⁾

Tensione nell'acciaio ²⁾ [MPa]	Spaziatura massima delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4 \text{ mm}$	$w_k = 0,3 \text{ mm}$	$w_k = 0,2 \text{ mm}$
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

$$\sigma_s = M/0,9 d = 55,4 \times 10 / (0,9 \times 0,46 \times 6,22) = 215,14 \text{ Mpa}$$

La distanza massima tra le barre è circa 235 mm, avendo posizionato 3 barre in 30 cm, la verifica è più che soddisfatta.

VERIFICA DI DEFORMABILITÀ

Verifico la trave a spessore della travata 102 di sezione 40x28 cm

SLU

$M_{Ed} = 43,81 \text{ kNm}$

$A_s = 2\emptyset 14 + 1\emptyset 20 \text{ (} 6,22 \text{ cm}^2 \text{) inferiormente}$

$A'_s = 2\emptyset 14 \text{ (} 3,08 \text{ cm}^2 \text{) superiormente}$

Rapporto luce-altezza:

$L/h \leq k \{ 11 + [(0,0015 f_{ck}) / (\rho + \rho')] [(500 A_{s,eff}) / (f_{yk} A_{s,calc})] \}$

$\rho = A_s / bd = 6,22 / (40 \times 24) = 0,00648$

$\rho' = A'_s / bd = 3,08 / (40 \times 24) = 0,00321$

prospetto 7.4N

Valori base dei rapporti luce/altezza utili per elementi di calcestruzzo armato senza compressione assiale

Sistema strutturale	K	Calcestruzzo molto sollecitato $\rho = 1,5\%$	Calcestruzzo poco sollecitato $\rho = 0,5\%$
Travi semplicemente appoggiate, piastre semplicemente appoggiate mono o bidirezionali	1,0	14	20
Campata terminale di travi continue o piastre continue monodirezionali o piastre bidirezionali continue su un lato lungo	1,3	18	26
Campata intermedia di travi o di piastre mono o bidirezionali	1,5	20	30
Piastre sorrette da pilastri senza travi (piastre non nervate) (in base alla luce maggiore)	1,2	17	24
Mensole	0,4	6	8

$(L/h)_{lim} = 1,5 \times [11 + (0,0015 \times 25) / (0,00648 + 0,00321)] \times [(500 \times 6,22) / (450 \times 5,18)] = 29,76 \text{ mm}$

$L/h = 330/28 = 11,79 \text{ mm} < 29,76 \text{ mm}$ VERIFICATA

VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

Faccio questa verifica nella travata 102, in corrispondenza dell'appoggio in cui ho momento negativo massimo, cioè nel secondo appoggio, dove ho:

$$M_{Ed} = -75,70 \text{ kNm} \quad \text{SLU}$$

COMBINAZIONE RARA

$$G_k + \Psi_0 Q_k$$

$$\Psi_0 = 0,7 \quad (\text{categoria A})$$

$$M = -64,4 \text{ kNm}$$

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

$$G_k + \Psi_2 Q_k$$

$$\Psi_2 = 0,3 \quad (\text{categoria A})$$

$$M = -56,6 \text{ kNm}$$

Procedo come nella verifica a flessione semplice nel secondo modello.

TRAVE EMERGENTE

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$d = 46 \text{ cm}$$

$$A_s = 2\emptyset 14 + 2\emptyset 20 \text{ (9,36 cm}^2\text{) superiormente}$$

$$A'_s = 2\emptyset 14 + 1\emptyset 20 \text{ (6,22 cm}^2\text{) inferiormente}$$

$$n = 15$$

$$x = [n(A'_s + A_s)/b] \{-1 + \sqrt{1 + [2b(A_s d + A'_s c)]/[n(A_s + A'_s)^2]}\}$$

$$x = [15(9,36 + 6,22)/30]x\{-1 + \sqrt{1 + [2 \times 30 \times ((9,36 \times 46) + (6,22 \times 4))]/[15(9,36 + 6,22)^2]}\} = 14,93 \text{ cm}$$

$$I_n = bx^3/3 + nA_s(d-x)^2 + nA'_s(x-c)^2 = (30 \times 14,93^3)/3 + (15 \times 9,36 \times 31,07^2) + (15 \times 6,22 \times 10,93^2) = 179960 \text{ cm}^4$$

Per la combinazione rara

$$\sigma_{c,max} = -M/I_n \quad x = (-64,4 \times 14,93 \times 10^3)/179960 = -5,34 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,sup} = nM(d-x)/I_n = (15 \times 64,4) \times (46 - 14,96) \times 10^3 / 179960 = 166,62 \text{ MPa}$$

Limiti sulle tensioni

$$\sigma_{c,max} \leq 0,6 f_{ck} = 15 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATA}$$

$$\sigma_{s,sup} \leq 0,8 f_{yk} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATA}$$

Per la combinazione quasi permanente

$$\sigma_{c,max} = -M/I_n \quad x = (-56,6 \times 14,93 \times 10^3)/179960 = -4,70 \text{ MPa}$$

Limiti sulle tensioni

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} = 11,25 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATA}$$

TRAVE A SPESSORE

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$h = 28 \text{ cm}$$

$$d = 24 \text{ cm}$$

$$A_s = 2\emptyset 14 + 2\emptyset 20 \text{ (9,36 cm}^2\text{) superiormente}$$

$$A'_s = 2\emptyset 14 + 1\emptyset 20 \text{ (6,22 cm}^2\text{) inferiormente}$$

$$n = 15$$

$$x = [n(A'_s + A_s)/b] \{-1 + \sqrt{1 + [2b(A_s d + A'_s c)]/[n(A_s + A'_s)^2]}\}$$

$$x = [15(9,36 + 6,22)/40]x\{-1 + \sqrt{1 + [2 \times 40 \times ((9,36 \times 24) + (6,22 \times 4))]/[15(9,36 + 6,22)^2]}\} = 7,64 \text{ cm}$$

$$I_n = bx^3/3 + nA_s(d-x)^2 + nA'_s(x-c)^2 = (40 \times 7,64^3)/3 + (15 \times 9,36 \times 16,36^2) + (15 \times 6,22 \times 3,64^2) = 44760 \text{ cm}^4$$

Per la combinazione rara

$$\sigma_{c,max} = -M/I_n \quad x = (-64,4 \times 7,64 \times 10^3)/44760 = -10,99 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,sup} = nM(d-x)/I_n = (15 \times 64,4) \times (24 - 7,64) \times 10^3 / 44760 = 353,08 \text{ MPa}$$

Limiti sulle tensioni

$$\sigma_{c,max} \leq 0,6 f_{ck} = 15 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATA}$$

$$\sigma_{s,sup} \leq 0,8 f_{yk} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATA}$$

Per la combinazione quasi permanente

$$\sigma_{c,max} = -M/I_n \quad x = (-56,6 \times 7,64 \times 10^3)/44760 = -9,66 \text{ MPa}$$

Limiti sulle tensioni

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} = 11,25 \text{ MPa} \quad \text{VERIFICATA}$$