UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA
IN INGEGNERIA EDILE-ARCHITETTURA

CORSO DI TECNICA DELLE COSTRUZIONI
ANNO ACCADEMICO 2014/15
DOCENTI: AURELIO GHERSI - EDOARDO MARINO

PROGETTO DI UN EDIFICIO MULTIPIANO PER CIVILE ABITAZIONE CON STRUTTURA IN CEMENTO ARMATO

OGGETTO:

- Relazione di calcolo

MATERIALI UTILIZZATI:

- Calcestruzzo C25/30
- Acciaio B450C

REVISORE	STUDENTE	RELAZIONE
PROF. ING. A.GHERSI	SCALIA MARIA LUISA MATRICOLA 609/000969	

C
B
A

Dimensionamento solaio

Analizzo gli schemi statici individuati per un primo predimensionamento del solaio e degli sbalzi.

Campata di estremità	L=700 cm	
L/h < 22	h>700/22=31,8 cm	
Campata intermedia	L=515 cm	
L/h < 25	h>515/25=20,6 cm	
Trave appoggiata-appoggiata	L=700 cm	
L/h < 20	h>700/20=35 cm	
Trave a spessore	Ls=395 cm	
Ls/h < 20	h>395/20=19,75 cm	
Sbalzo	Lsb=165 cm	
Lsb/hsb <7	h>165/20=19,75 cm	

La condizione più gravosa impone un valore di 35 cm ma si decide di utilizzare h=30 cm e di eseguire le dovute verifiche in seguito. Il solaio sarà costituito da pignatte 25x40x25 cm e da un soletta in c.a. di h=5 cm. Anche per gli sbalzi si utilizza un solaio di h=30 cm, all'interno è previsto un massetto alleggerito di 8 cm (quindi la realizzazione di riscadamento autonomo negli appartamenti) mentre all'esterno è presente un massetto con pendenza del 2%. Il solaio del vano scala avrà un h=24 cm e sarà costituito da pignatte 25x40x20 e da una soletta in c.a. di h=4 cm)

Analisi dei carichi unitari

CARICO DEL SOLAIO (appartamenti)

Peso proprio			
Soletta in c.a.	1x1x0,05x25=	1,25	kN/m^2
Travetti	2x0,10x0,25x1x25=	1,25	kN/m^2
Pignatte	8x0,10x1=	0,80	kN/m^2
	TOT.	3,30	kN/m^2
Carichi permanenti non strutturali			
Massetto alleggerito	1x1x0,08x10=	0,8	kN/m^2
Malta di allettamento	1x1x0,01x18=	0,18	kN/m^2
Pavimento in gres	1x1x0,01x21=	0,21	kN/m^2
Intonaco	1x1x0,01x18=	0,18	kN/m^2
	TOT.	1,37	kN/m^2
Carichi permanenti non compiutamente definiti			
Tramezzi di laterizi forati 8x25x25 cm			
Laterizi	1x0,08x3,00x6=	1,44	kN/m
Intonaco	1x0,02x3,00x18=	1,08	kN/m
	TOT.	2,52	kN/m
Da normativa per 2,00 kN/m <G< 3,00 kN/m il peso equivalente per m2 è:	TOT.	1,20	kN/m^2
Carico variabile			
Categoria A	q_k=	2,00	kN/m

CARICO DEL SOLAIO (vano scala)

Peso proprio			
Soletta in c.a.	1x1x0,04x25=	1,00	kN/m^2
Travetti	2x0,10x0,20x1x25=	1,00	kN/m^2
Pignatte	8x0,09x1=	0,72	kN/m^2
	TOT.	2,72	kN/m^2
Carichi permanenti non strutturali			
Massetto alleggerito	1x1x0,04x10=	0,4	kN/m^2
Malta di allettamento	1x1x0,01x18=	0,18	kN/m^2
Pavimento in gres	1x1x0,01x21=	0,21	kN/m^2
Intonaco	1x1x0,01x18=	0,18	kN/m^2
	TOT.	0,97	kN/m^2
Carico variabile			
Categoria C	q_k=	4,00	kN/m

CARICO DEL BALCONE

Peso proprio			
Soletta in c.a.	1x1x0,05x25=	1,25	kN/m^2
Travetti	2x0,10x0,25x1x25=	1,25	kN/m^2
Pignatte	8x0,10x1=	0,80	kN/m^2
	TOT.	3,30	kN/m^2
Carichi permanenti non strutturali			
Massetto alleggerito	1x1x0,035x10=	0,35	kN/m^2
Malta di allettamento	1x1x0,01x18=	0,18	kN/m^2
Pavimento in gres	1x1x0,01x21=	0,21	kN/m^2
Intonaco	1x1x0,02x18=	0,36	kN/m^2
	TOT.	1,10	kN/m^2
Carico variabile			
Categoria C	q_k=	4,00	kN/m^2

TAMPONATURA ESTERNA

Intonaco	1x0,03x3,00x18=	1,62	kN/m
Laterizi (8X25X25)	1x0,08x2,80x8=	1,79	kN/m
Laterizi (12X25X25)	1x0,12x2,80x8=	2,69	kN/m
Coibente	1x0,06x2,80x0,9=	0,15	kN/m
	TOT.	6,25	kN/m
Per tenere conto della presenza delle aperture nella tamponatura, moltiplichiamo per il coefficiente 0,8:	TOT.	5,00	kN/m

TRAVI EMERGENTI

h = 630/10 = 63 cm	30x60			
Peso trave emergente		0,30x0,60x25=	4,50	kN/m
Peso solaio (da sottrarre)		0,30x3,30=	0,99	kN/m
		TOT.	3,51	kN/m

TRAVI A SPESSORE

b = 395/6 = 65,8 cm	60x30			
Peso trave a spessore		0,30x0,60x25=	4,50	kN/m
Peso solaio (da sottrarre)		0,60x3,30=	1,98	kN/m
		TOT.	2,52	kN/m

SCALA - SOLETTA RAMPANTE

Peso proprio
Soletta c.a. s = 4 cm
Pedata p = 30 cm

Alzata a = 16,5 cm	α = arctg a/p = 29°	cos 29°= 0,88		
		1x(1/cosα)x0,04x25=	1,14	kN/m^2
Travetti		2x0,10x0,20x(1/cosα)x25=	1,14	kN/m^2
Pignatte		8x0,09x(1/cosα)=	0,82	kN/m^2
		TOT.	3,09	kN/m^2

Carichi permanenti

Gradini	(1/0,3)x[(0,65x0,30)/2]x24=	1,98	kN/m^2
Intonaco	1x(1/0,88)x0,01x18=	0,20	kN/m^2
Malta di allettamento	1x1x0,02x21=	0,42	kN/m^2
Pavimentazione in marmo	1x1x0,02x27=	0,54	kN/m^2
	TOT.	3,14	kN/m^2
	TOTALE RAMPA	6,24	kN/m^2

Carico variabile

Categoria C	q_k=	4,00	kN/m^2

PIANEROTTOLO

Peso proprio

Soletta in c.a. s = 4 cm	1x1x0,04x25=	1,00	kN/m^2
Travetti	2x0,10x0,20x1x25=	1,00	kN/m^2
Pignatte	8x0,09x1=	0,72	kN/m^2
	TOT.	2,72	kN/m^2

Intonaco	1x1x0,01x18=	0,18	kN/m^2
Malta di allettamento	1x1x0,02x21=	0,42	kN/m^2
Pavimentazione in marmo	1x1x0,02x27=	0,54	kN/m^2
	TOT.	1,14	kN/m^2
	TOTALE PIANEROTTOLO	3,86	kN/m^2
Carico variabile			
Categoria C	q_k=	4,00	kN/m^2

TRAVE A GINOCCHIO

Soletta s = 5 cm
Pedata p = 30 cm
Alzata a = 16,5 cm α = arctg a/p = 29 ° cos 29°= 0,88

	1x(1/cosα)x0,05x24=	1,36	kN/m^2
Gradini	(1/0,3)x[(0,165x0,30)/2]x25=	2,06	kN/m^2
Intonaco	1x(1/0,88)x0,01x18=	0,20	kN/m^2
Malta di allettamento	1x1x0,02x21=	0,42	kN/m^2
Pavimentazione in marmo	1x1x0,02x27=	0,54	kN/m^2
	TOT.	4,59	kN/m^2
Carico variabile			
Categoria C	q_k=	4,00	kN/m^2

Riepilogo carichi unitari

	g_k		q_k	g_d		q_d	
CARICHI UNITARI	Permanenti	Tramezzi		Permanenti	Tramezzi		
Solaio (appartamenti)	4,67	1,20	2,00	6,07	1,80	3,00	kN/m^2
Solaio (vano scala)	3,69	-	4,00	4,80	-	6,00	kN/m^2
Balcone	4,40	-	4,00	5,72	-	6,00	kN/m^2
Tamponatura	5,00	-	-	6,50	-	-	kN/m
Travi emergenti	3,51	-	-	4,56	-	-	kN/m
Travi a spessore	2,52	-	-	3,28	-	-	kN/m
Soletta rampante	6,24	-	4,00	8,11	-	6,00	kN/m^2
Pianerottolo	3,86	-	4,00	5,02	-	6,00	kN/m^2
Trave a ginocchio	4,59	-	4,00	5,97	-	6,00	kN/m^2

Scelta del calcestruzzo e del ricoprimento minimo

Travi emergenti e pilastri (esterno edificio).

Classe di esposizione XC3 - Corrosione promossa da carbonatazione.

Dalle norme NTC8, XC3 corrisponde ad un ambinete ordinario moderatamente umido e la classe di resistenza minima da utilizzare è: C25/30.

Ricoprimento minino	r_{min} = 25 mm
Previsto l'uso di distanziatori	Δr= 5 mm
Ricoprimento	r = r_{min} + Δr = 30 mm

Solai e travi a spessore (interno edificio).

Classe di esposizione XC1 - Corrosione promossa da carbonatazione.

Dalle norme NTC8, XC1 corrisponde ad un ambinete ordinario asciutto e la classe di resistenza minima da utilizzare è: C25/30.

Ricoprimento minino	r_{min} = 20 mm
Previsto l'uso di distanziatori	Δr= 5 mm
Ricoprimento	r = r_{min} + Δr = 25 mm

Scelta barre in acciaio

Verranno impiegate barre ad aderenza migliorata in acciaio B450C

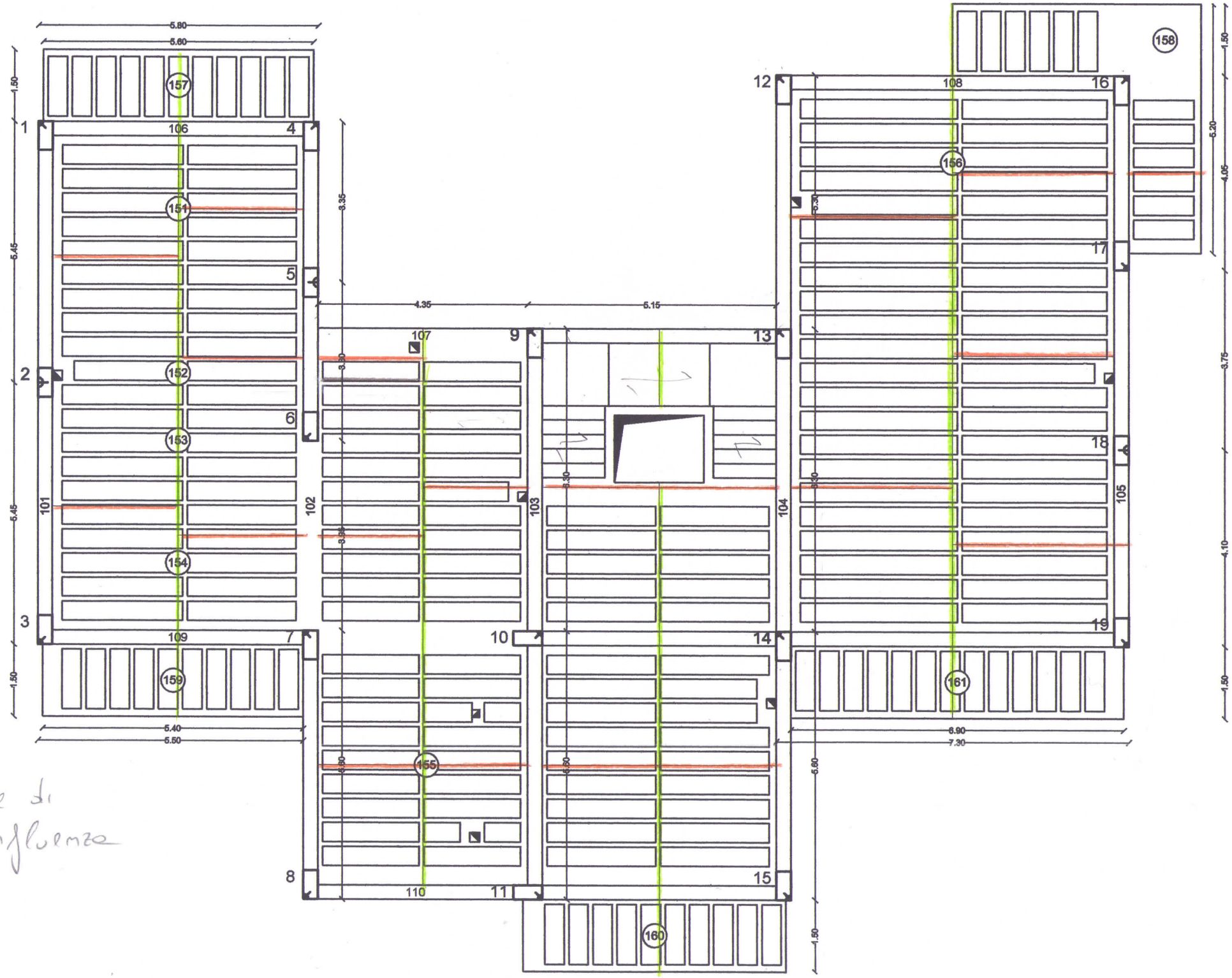
Diametri utilizzati:

Ø8 (A=0,50 cm^2) , Ø10 (A=0,79 cm^2), Ø14 (A=1,54 cm^2), Ø20 (A=3,14 cm^2)

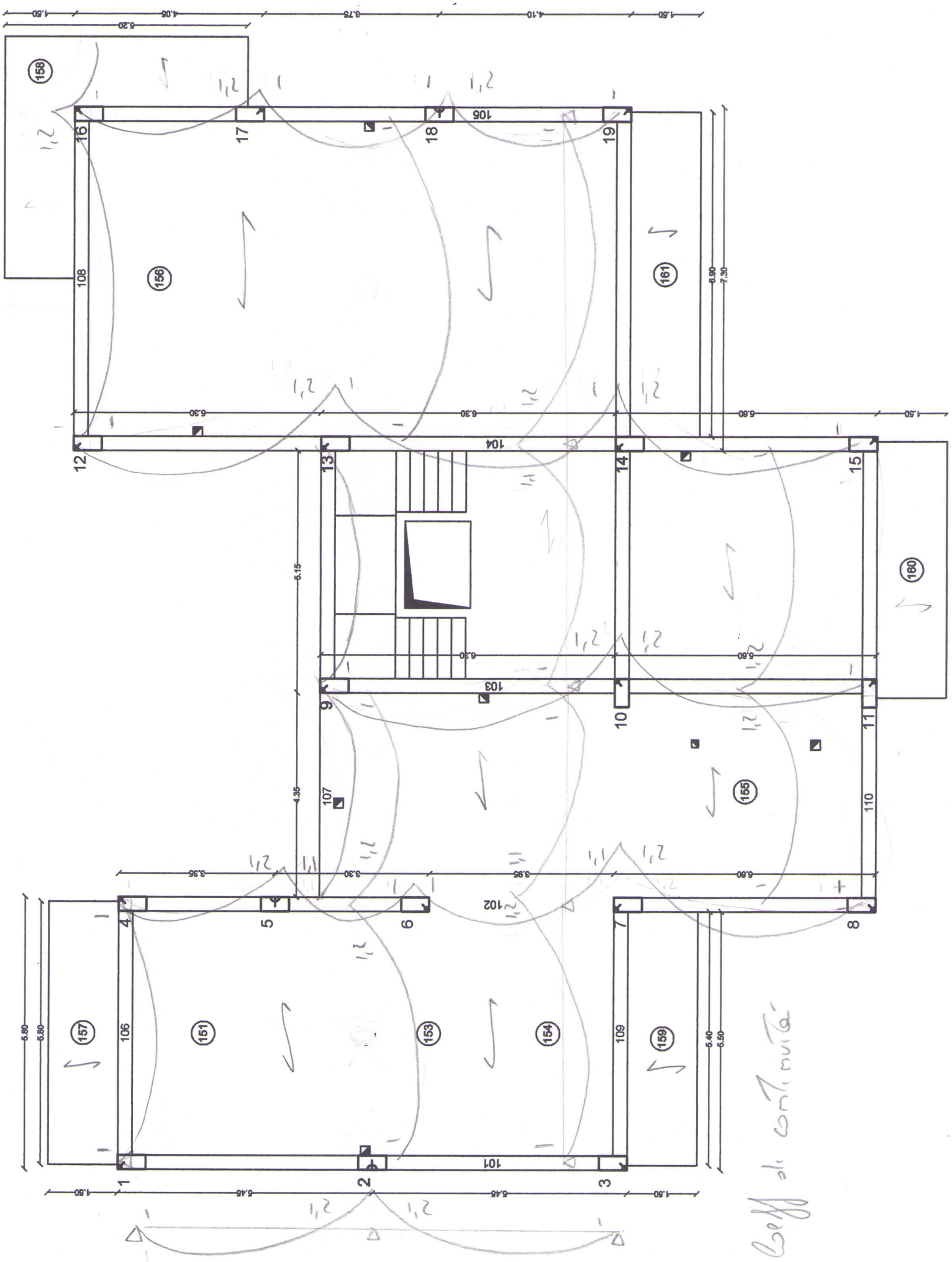
Staffe:	Ø8/15	
	Ø8/10	all'estremità
Solai:	Ø10 - Ø14	
Travi e pilastri	Ø14 - Ø20	

Valori di resistenza e moduli di elasticità

Calcestruzzo:			
Resistenza a compressione (valore caratteristico)	f_{ck}	25	MPa
Resistenza a compressione (valore di progetto)	f_{cd}	14,17	MPa
Resistenza a trazione media	f_{ctm}	2,56	MPa
Resistenza a trazione (valore caratteristico)	f_{ctk}	1,79	MPa
Resistenza a trazione per flessione	f_{cfk}	2,15	MPa
Resistenza a compressione media	f_{cm}	33	MPa
Modulo di elasticità	E_{cm}	31475	MPa
Acciaio:			
Resistenza (valore caratteristico)	f_{yk}	450	MPa
Resistenza (valore di calcolo)	f_{yd}	391,3	MPa
Modulo di elasticità:	Es	200000	MPa



Aree di influenza


158
156
161
160
155
157
151
153
154
159
105
104
103
102
101
108
106
107
109
110
5.15
4.35
6.90
7.30
5.40
5.50
5.80
5.80

Aree d'influenza

Pilastro 1

A. solaio app $\left(\frac{l_{1-4}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{1-2}}{2} \times 1\right) = 2,75 \times 2,65 = 7,30\ m^2$

L. trave $\left(\frac{l_{1-4}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{1-2}}{2} \times 1\right) = 2,75 + 2,65 = 5,40\ m$

Balcone $1,65 \times 2,80 = 4,62\ m^2$

Temperatura $5,4\ m$

Pilastro 2

A. solaio app $\left(\frac{l_{1-4}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{1-2}}{2} \times 1,2 + \frac{l_{2-3}}{2} \times 1,2\right) = 2,75 \times (2,65 \times 1,2 + 2,65 \times 1,2) =$

$= 2,75 \times 6,36 = 17,50\ m^2$

L. trave $\left(\frac{l_{1-2}}{2} \times 1,2\right) + \left(\frac{l_{2-3}}{2} \times 1,2\right) = 2,65 \times 1,2 + 2,65 \times 1,2 = 6,36\ m$

Temperatura $6,36\ m$

Pilastro 3

A. solaio app $\left(\frac{l_{3-7}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{2-3}}{2} \times 1\right) = 2,75 \times 2,65 = 7,29\ m^2$

L. trave $\left(\frac{l_{3-7}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{2-3}}{2} \times 1\right) = 2,75 + 2,65 = 5,40\ m$

Balcone $1,65 \times 2,80 = 4,62\ m^2$

Temperatura $5,40\ m$

Pilastro 4

A. solaio app $\left(\frac{l_{1-4}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{4-5}}{2} \times 1\right) = 2,75 \times 1,60 = 4,40\ m^2$

L. trave $\left(\frac{l_{1-4}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{4-5}}{2} \times 1\right) = 2,75 + 1,60 = 4,35\ m$

Balcone $1,65 \times 2,80 = 4,62\ m^2$

Temperatura $4,35\ m$

Pilastro 5

A. solaio app $\left(\frac{l_{1-4}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{4-5}}{2} \times 1,2\right) + \left(\frac{l_{1-4}}{2} \times 1,2\right) \times \left(\frac{l_{5-6}}{2} \times 1,1\right) =$

$= 2,75 \times 1,60 \times 1,2 + 2,75 \times 1,2 \times 1,575 \times 1,1 =$

$= 2,75 \times 1,92 + 3,30 \times 1,73 = 10,99\ m^2$

L1 Trave sm $\left(\frac{l_{5-6}}{2} \times 1{,}1\right) + \left(\frac{l_{4-5}}{2} \times 1{,}2\right) = 1{,}575 \times 1{,}1 + 1{,}60 \times 1{,}2 = 3{,}65$ m

L1 Trave esp $\frac{l_{5-9}}{2} \times 1 = 2{,}325$ m

Temperatura $\left(\frac{l_{5-9}}{2} \times 1\right) + 1{,}20 \times 1{,}1 = 2{,}325 + 1{,}32 = 3{,}65$ m

Pilastro 6

A1 solaio app $\left(\frac{l_{1-4}}{2} \times 1{,}2\right) \times \left(\frac{l_{5-6}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{1-4}}{2} \times 1{,}2\right) \times \left(\frac{l_{6-7}}{2} \times 1\right) +$

$+ \left(\frac{l_{5-9}}{2} \times 1{,}2\right) \times \left(\frac{l_{5-6}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{5-9}}{2} \times 1{,}1\right) \times \left(\frac{l_{6-7}}{2} \times 1\right) =$

$= 2{,}75 \times 1{,}2 \times 1{,}60 + 2{,}75 \times 1{,}2 \times 2{,}125 + 2{,}325 \times 1{,}2 \times 1{,}60 +$

$+ 2{,}325 \times 1{,}1 \times 2{,}125 = 22{,}19\ m^2$

L1 Trave sm $\frac{l_{5-6}}{2} \times 1 = 1{,}60$ m

L1 Trave esp $\frac{l_{6-7}}{2} \times 1 = 2{,}13$ m

Pilastro 7

A1 solaio app $\left(\frac{l_{3-7}}{2} \times 1{,}2\right) \times \left(\frac{l_{6-7}}{2} \times 1{,}1\right) + \left(\frac{l_{5-9}}{2} \times 1{,}1\right) \times \left(\frac{l_{6-7}}{2} \times 1{,}1\right) +$

$+ \left(\frac{l_{5-9}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{7-8}}{2} \times 1{,}2\right) = 2{,}75 \times 1{,}2 \times 2{,}125 \times 1{,}1 +$

$+ 2{,}325 \times 1{,}1 \times 2{,}125 \times 1{,}1 + 2{,}325 \times 2{,}65 \times 1{,}2 = 21{,}09\ m^2$

L1 Trave sm $\left(\frac{l_{7-8}}{2} \times 1{,}2\right) + \left(\frac{l_{3-7}}{2} 1{,}2\right) = 2{,}65 \times 1{,}2 + 2{,}75 \times 1{,}2 = 6{,}48$ m

L1 Trave esp $\left(\frac{l_{6-7}}{2} \times 1{,}1\right) + \left(\frac{l_{7-10}}{2} \times 1{,}1\right) = 2{,}125 \times 1{,}1 + 2{,}325 \times 1{,}1 = 4{,}90$ m

Balcone $1{,}65 \times 2{,}65 = 4{,}37\ m^2$

Temperatura $\left(\frac{l_{7-8}}{2} \times 1{,}2\right) + \left(\frac{l_{7-10}}{2} \times 1{,}1\right) + \left(\frac{l_{3-7}}{2} \times 1{,}2\right) =$

$= 2{,}65 \times 1{,}2 + 2{,}325 \times 1{,}1 + 2{,}75 \times 1{,}2 = 9{,}04$ m

Pilastro 8

A1 solaio app $\left(\frac{l_{8-11}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{7-8}}{2} \times 1\right) = 2{,}325 \times 2{,}65 = 6{,}16\ m^2$

L1 Trave sm $\left(\frac{l_{8-11}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{7-8}}{2} \times 1\right) = 2{,}325 + 2{,}65 = 4{,}98$ m

Temperatura 4,98 m

Pilastro 9

Al solaio app $\left(\frac{l_{5-9}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{9-10}}{2} \times 1\right) = 2,325 \times 3,15 = 7,32\ m^2$

Al trave em $\left(\frac{l_{9-13}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{9-10}}{2} \times 1\right) = 2,575 \times 1 + 3,15 = 5,73\ m$

Trave e pinacchio $1,45 \times 1,50 = 2,18\ m^2$

Soletta rampante $1,05 \times 1,30 = 1,365\ m^2$

Pianerottolo $1,375 \times 1,30 = 1,79\ m^2$

Al trave e sp $\left(\frac{l_{5-9}}{2} \times 1\right) = 2,33\ m$

Rampature $\left(\frac{l_{5-9}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{9-13}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{9-10}}{2} \times 1\right) =$

$= 2,325 \times 1 + 2,575 \times 1 + 3,15 = 8,05\ m$

Al solaio (fuori vano scala) $1,125 \times 1,70 = 1,91\ m^2$

Pilastro 10

Al solaio app $\left(\frac{l_{7-10}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{9-10}}{2} \times 1,2\right) + \left(\frac{l_{8-11}}{2} \times 1,2\right) \times \left(\frac{l_{10-11}}{2} \times 1,2\right) +$

$+ \left(\frac{l_{10-14}}{2} \times 1,2\right) \times \left(\frac{l_{10-11}}{2} \times 1,2\right) = 2,325 \times 3,15 \times 1,2 +$

$+ 2,325 \times 1,2 \times 2,65 \times 1,2 + 1,2 \times 2,575 \times 2,65 \times 1,2 = 27,48\ m^2$

Al solaio vano scala $\left(\frac{l_{10-14}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{9-10}}{2} \times 1,2\right) = 2,575 \times 3,15 \times 1,2 = 9,73\ m$

Al trave em $\left(\frac{l_{9-10}}{2} \times 1,2\right) + \left(\frac{l_{10-14}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{10-11}}{2} \times 1,2\right) =$

$= 3,15 \times 1,2 + 2,575 + 2,65 \times 1,2 = 9,54\ m$

Al trave e sp $\left(\frac{l_{7-10}}{2} \times 1\right) = 2,325\ m$

Rampature $\left(\frac{l_{7-10}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{9-10}}{2} \times 1,2\right) + \left(\frac{l_{10-14}}{2} \times 1\right) =$

$= 2,325 + 3,15 \times 1,2 + 2,575 = 8,68\ m$

Pilastro 11

Al solaio app $\left(\frac{l_{8-11}}{2} \times 1,2\right) \times \left(\frac{l_{10-11}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{11-15}}{2} \times 1,2\right) \times \left(\frac{l_{10-11}}{2} \times 1\right) =$

$= 2,325 \times 1,2 \times 2,65 + 2,575 \times 1,2 \times 2,65 = 15,58\ m^2$

Balcone $1,65 \times 2,825 = 4,66\ m^2$

Li trave em $\left(\frac{l_{10-11}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{8-11}}{2} \times 1,2\right) + \left(\frac{l_{11-15}}{2} \times 1,2\right) = 2,65 + 2,325 \times 1,2 +$

$+ 2,575 \times 1,2 = 8,53\ m$

Tamponatura $\left(\frac{l_{8-11}}{2} \times 1,2\right) + \left(\frac{l_{11-15}}{2} \times 1,2\right) = 2,325 \times 1,2 + 2,575 \times 1,2 = 5,88\ m$

Pilastro 12

Ai solaio app $\left(\frac{l_{12-16}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{12-13}}{2} \times 1\right) = 3,50 \times 2,65 = 9,28\ m^2$

Li trave em $\left(\frac{l_{12-16}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{12-13}}{2} \times 1\right) = 3,50 + 2,65 = 6,15\ m$

Balcone $1,65 \times 0,50 = 0,83\ m^2$

Tamponatura $6,15\ m$

Pilastro 13

Ai solaio app $\left(\frac{l_{12-16}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{12-13}}{2} \times 1,2\right) + \left(\frac{l_{12-16}}{2} \times 1,2\right) \times \left(\frac{l_{13-14}}{2} \times 1\right) =$

$= 3,50 \times 2,65 \times 1,2 + 3,50 \times 1,2 \times 3,15 = 24,36\ m^2$

Trave a ginocchio $2,18\ m^2$

Soletta rampante $1,05 \times 1,30 = 1,365\ m^2$

Pianerottolo $1,375 \times 1,30 = 1,79\ m^2$

Li trave em $\left(\frac{l_{12-13}}{2} \times 1,2\right) + \left(\frac{l_{13-14}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{9-13}}{2} \times 1\right) = 2,65 \times 1,2 + 3,15 +$

$+ 2,575 = 8,90$

Tamponatura $8,90\ m$

Ai solaio vano scala (foro) $1,125 \times 1,1 \times 1,70 = 2,10\ m^2$

Pilastro 14

Ai solaio app $\left(\frac{l_{13-14}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{14-19}}{2} \times 1,2\right) + \left(\frac{l_{10-14}}{2} \times 1,1\right) \times \left(\frac{l_{14-15}}{2} \times 1,2\right) =$

$= 3,15 \times 3,50 \times 1,2 + 2,575 \times 1,1 \times 2,65 \times 1,2 = 21,54\ m^2$

Ai solaio vano scala $\left(\frac{l_{10-14}}{2} \times 1,1\right) \times \left(\frac{l_{13-14}}{2} \times 1\right) = 2,575 \times 1,1 \times 3,15 = 8,92\ m^2$

Balcone $1,65 \times 3,35 = 5,53\ m^2$

Li trave em $\left(\frac{l_{13-14}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{13-14}}{2} \times 1,1\right) + \left(\frac{l_{14-17}}{2} \times 1,2\right) + \left(\frac{l_{14-15}}{2} \times 1,2\right) =$

$= 3,15 + 2,575 \times 1,1 + 3,50 \times 1,2 + 2,65 \times 1,2 = 13,17$ m

Lamporatura 13,17 m

Pilastro 15

Ai solai app $\left(\frac{l_{11-15}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{14-15}}{2} \times 1\right) = 2,575 \times 2,65 = 6,82\ m^2$

Balcone $1,65 \times 2,625 = 4,33\ m^2$

Li trave em $\left(\frac{l_{11-15}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{14-15}}{2} \times 1\right) = 2,575 + 2,65 = 5,23$ m

Lamporatura 5,23 m

Pilastro 16

Ai solai app $\left(\frac{l_{12-16}}{2} \times 1,2\right) \times \left(\frac{l_{16-17}}{2} \times 1\right) = 3,50 \times 1,2 \times 1,875 = 7,88\ m^2$

Balcone $(1,65 \times 2,00) + (1,65 \times 5,15) = 11,80\ m^2$

*

Pilastro 17

Ai solai app $\left(\frac{l_{12-16}}{2} \times 1,2\right) \times \left(\frac{l_{16-17}}{2} \times 1,2\right) + \left(\frac{l_{12-16}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{17-18}}{2} \times 1\right) =$

$= 3,50 \times 1,2 \times 1,875 \times 1,2 + 3,50 \times 1,95 = 16,28\ m^2$

Balcone $1,65 \times 1,68 = 2,77\ m^2$

Li trave em $\left(\frac{l_{16-17}}{2} \times 1,2\right) + \left(\frac{l_{17-18}}{2} \times 1\right) = 1,875 \times 1,2 + 1,95 = 4,20$ m

Lamporatura 4,20 m

Pilastro 18

Ai solai app $\left(\frac{l_{14-19}}{2} \times 1\right) \times \frac{l_{17-18}}{2} \times 1) + \left(\frac{l_{14-13}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{18-19}}{2} \times 1,2\right) =$

$= 3,50 \times 1,95 + 3,50 \times 1,975 \times 1,2 = 15,12\ m^2$

Li trave em $\left(\frac{l_{17-18}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{18-19}}{2} \times 1,2\right) = 1,95 + 1,975 \times 1,2 = 4,32$ m

Lamporatura 4,32 m

Pilastro 19

Ai solai app $\left(\frac{l_{14-19}}{2} \times 1\right) \times \left(\frac{l_{18-9}}{2} \times 1\right) = 3,50 \times 1,975 = 6,91\ m^2$

Balcone $1,65 \times 3,55 = 5,86\ m^2$

L1 trave em $\left(\frac{l_{18-19}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{14-19}}{2} \times 1\right) = 1,975 + 3,50 = 5,48\ m$

Temperatura 5,48 m.

* L1 trave em $\left(\frac{l_{12-16}}{2} \times 1\right) + \left(\frac{l_{16-12}}{2}\right) \times 1 = 3,50 + 1,875 = 5,38\ m$

Temperatura 5,38m

Analisi dei carichi agenti sui pilastri e dimensionamento

Il numero dei piani dell'edificio è 8. Il carico variabile viene considerato massimo agli utlimi due piani (100%) e si riduce del 10% negli altri piani, senza andare mai al di sotto del 50% del carico variabile massimo. Consideriamo un valore medio da moltiplicare ad ogni piano così ottenuto:

(1+1+0,9+0,8+0,7+0,6+0,5+0,5)/8 = 0,75

Dunque ad ogni piano il carico unitario sarà ottenuto nel seguente modo:

$$q = g_d + 0{,}75\ q_d$$

Il peso proprio dei pilastri sarà stimato secondo la seguente formula:

$$(n/100) \times q_{tot}$$

Dove n è il numero di piani.

Dopo aver valutato lo sforzo normale agente su ogni pilastro (Ned) l'area di calcestruzzo necessaria per la sezione trasversale sarà calcoalata tramite la seguente formula:

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

L'area necessaria per la sezione trasversale delle barre sarà ottenuta tramite le seguenti formule, (scegliendo l'area maggiore tra le due):

$$A_s > 0{,}2N_{ed}/f_{yd} \qquad A_{s,min} > 0{,}6\%\ A_c$$

Pilastro 1

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	7,30	10,12		73,88	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	5,40	4,56		24,64	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	4,62	10,22		47,22	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	5,40	6,50		35,11	kN
			$q_{tot.}$	180,85	kN
Peso proprio pilastro				14,47	kN
			TOT.	195,31	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	195,31	137,84	30x30	900	1,00	5,40	4Ø14	6,16
7	390,63	275,67	30x30	900	2,00	5,40	4Ø14	6,16
6	585,94	413,51	30x30	900	2,99	5,40	4Ø14	6,16
5	781,26	551,35	30x30	900	3,99	5,40	4Ø14	6,16
4	976,57	689,18	30x30	900	4,99	5,40	4Ø14	6,16
3	1171,89	827,02	30x30	900	5,99	5,40	4Ø14	6,16
2	1367,20	964,86	30x40	1200	6,99	7,20	6Ø14	9,24
1	1562,51	1102,69	30x40	1200	7,99	7,20	6Ø14	9,24

Pilastro 2

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	17,50	10,12		177,12	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	6,36	4,56		29,02	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	0,00	10,22		0,00	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	6,36	6,50		41,35	kN
			$q_{tot.}$	247,49	kN
Peso proprio pilastro				19,80	kN
			TOT.	267,29	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	267,29	188,63	30x30	900	1,37	5,40	4Ø14	6,16
7	534,57	377,25	30x30	900	2,73	5,40	4Ø14	6,16
6	801,86	565,88	30x30	900	4,10	5,40	4Ø14	6,16
5	1069,14	754,51	30x30	900	5,46	5,40	4Ø14	6,16
4	1336,43	943,14	30x40	1200	6,83	7,20	6Ø14	9,24
3	1603,71	1131,76	30x40	1200	8,20	7,20	6Ø14	9,24
2	1871,00	1320,39	30x50	1500	9,56	9,00	8Ø14	12,32
1	2138,28	1509,02	30x50	1500	10,93	9,00	8Ø14	12,32

Pilastro 3

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	7,30	10,12		73,88	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	5,40	4,56		24,64	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	4,62	10,22		47,22	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	5,40	6,50		35,11	kN
			$q_{tot.}$	180,85	kN
Peso proprio pilastro				14,47	kN
			TOT.	195,31	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	195,31	137,84	30x30	900	1,00	5,40	4Ø14	6,16
7	390,63	275,67	30x30	900	2,00	5,40	4Ø14	6,16
6	585,94	413,51	30x30	900	2,99	5,40	4Ø14	6,16
5	781,26	551,35	30x30	900	3,99	5,40	4Ø14	6,16
4	976,57	689,18	30x30	900	4,99	5,40	4Ø14	6,16
3	1171,89	827,02	30x30	900	5,99	5,40	4Ø14	6,16
2	1367,20	964,86	30x40	1200	6,99	7,20	6Ø14	9,24
1	1562,51	1102,69	30x40	1200	7,99	7,20	6Ø14	9,24

Pilastro 4

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	4,40	10,12		44,53	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	4,35	4,56		19,85	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	4,62	10,22		47,22	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	4,35	6,50		28,28	kN
			$q_{tot.}$	139,88	kN
Peso proprio pilastro				11,19	kN
			TOT.	151,07	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	151,07	106,61	30x30	900	0,77	5,40	4Ø14	6,16
7	302,14	213,22	30x30	900	1,54	5,40	4Ø14	6,16
6	453,21	319,83	30x30	900	2,32	5,40	4Ø14	6,16
5	604,27	426,45	30x30	900	3,09	5,40	4Ø14	6,16
4	755,34	533,06	30x30	900	3,86	5,40	4Ø14	6,16
3	906,41	639,67	30x30	900	4,63	5,40	4Ø14	6,16
2	1057,48	746,28	30x30	900	5,40	5,40	4Ø14	6,16
1	1208,55	852,89	30x30	900	6,18	5,40	4Ø14	6,16

Pilastro 5

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	11,00	10,12		111,33	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	3,65	4,56		16,65	kN
Trave a spessore	2,33	3,28		7,63	kN
Balcone	0,00	10,22		0,00	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	3,65	6,50		23,73	kN
			$q_{tot.}$	159,35	kN
Peso proprio pilastro				12,75	kN
			TOT.	172,10	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	172,10	121,45	30x30	900	0,88	5,40	4Ø14	6,16
7	344,19	242,90	30x30	900	1,76	5,40	4Ø14	6,16
6	516,29	364,35	30x30	900	2,64	5,40	4Ø14	6,16
5	688,39	485,81	30x30	900	3,52	5,40	4Ø14	6,16
4	860,48	607,26	30x30	900	4,40	5,40	4Ø14	6,16
3	1032,58	728,71	30x30	900	5,28	5,40	4Ø14	6,16
2	1204,68	850,16	30x30	900	6,16	5,40	4Ø14	6,16
1	1376,77	971,61	30x40	1200	7,04	7,20	6Ø14	9,24

Pilastro 6

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	22,19	10,12		224,58	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	1,60	4,56		7,30	kN
Trave a spessore	2,13	3,28		6,98	kN
Balcone	0,00	10,22		0,00	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	0,00	6,50		0,00	kN
			$q_{tot.}$	238,86	kN
Peso proprio pilastro				19,11	kN
			TOT.	257,97	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	257,97	182,06	30x30	900	1,32	5,40	4Ø14	6,16
7	515,95	364,11	30x30	900	2,64	5,40	4Ø14	6,16
6	773,92	546,17	30x30	900	3,96	5,40	4Ø14	6,16
5	1031,89	728,22	30x30	900	5,27	5,40	4Ø14	6,16
4	1289,86	910,28	30x40	1200	6,59	7,20	6Ø14	9,24
3	1547,84	1092,33	30x40	1200	7,91	7,20	6Ø14	9,24
2	1805,81	1274,39	30x50	1500	9,23	9,00	8Ø14	12,32
1	2063,78	1456,44	30x50	1500	10,55	9,00	8Ø14	12,32

Pilastro 7

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	21,09	10,12		213,45	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	6,48	4,56		29,57	kN
Trave a spessore	4,90	3,28		16,05	kN
Balcone	4,37	10,22		44,66	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	9,04	6,50		58,77	kN
			$q_{tot.}$	362,51	kN
Peso proprio pilastro				29,00	kN
			TOT.	391,51	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	391,51	276,29	30x30	900	2,00	5,40	4Ø14	6,16
7	783,01	552,58	30x30	900	4,00	5,40	4Ø14	6,16
6	1174,52	828,88	30x30	900	6,00	5,40	4Ø14	6,16
5	1566,02	1105,17	30x40	1200	8,00	7,20	6Ø14	9,24
4	1957,53	1381,46	30x50	1500	10,01	9,00	8Ø14	12,32
3	2349,03	1657,75	30x60	1800	12,01	10,80	8Ø14	12,32
2	2740,54	1934,04	30x70	2100	14,01	12,60	10Ø14	15,39
1	3132,05	2210,34	30x80	2400	16,01	14,40	4Ø20+6Ø14	21,80

Pilastro 8

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	6,16	10,12		62,35	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	5,00	4,56		22,82	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	0,00	10,22		0,00	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	5,00	6,50		32,51	kN
			$q_{tot.}$	117,67	kN
Peso proprio pilastro				9,41	kN
			TOT.	127,08	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	127,08	89,68	30x30	900	0,65	5,40	4Ø14	6,16
7	254,16	179,36	30x30	900	1,30	5,40	4Ø14	6,16
6	381,24	269,05	30x30	900	1,95	5,40	4Ø14	6,16
5	508,32	358,73	30x30	900	2,60	5,40	4Ø14	6,16
4	635,40	448,41	30x30	900	3,25	5,40	4Ø14	6,16
3	762,48	538,09	30x30	900	3,90	5,40	4Ø14	6,16
2	889,56	627,78	30x30	900	4,55	5,40	4Ø14	6,16
1	1016,64	717,46	30x30	900	5,20	5,40	4Ø14	6,16

Pilastro 9

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	7,32	10,12		74,09	kN
Solaio (vano scala)	1,91	9,30		17,76	kN
Trave emergente	5,73	4,56		26,15	kN
Trave a spessore	2,33	3,28		7,63	kN
Balcone	0,00	10,22		0,00	kN
Scala - soletta rampante	1,37	12,61		17,27	kN
Scala - trave a ginocchio	2,18	10,47		22,82	kN
Scala - Pianerottolo	1,80	9,52		17,13	kN
Tamponatura	8,05	6,50		52,34	kN
			$q_{tot.}$	235,18	kN
Peso proprio pilastro				18,81	kN
			TOT.	253,99	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	253,99	179,25	30x30	900	1,30	5,40	4Ø14	6,16
7	507,99	358,50	30x30	900	2,60	5,40	4Ø14	6,16
6	761,98	537,74	30x30	900	3,89	5,40	4Ø14	6,16
5	1015,98	716,99	30x30	900	5,19	5,40	4Ø14	6,16
4	1269,97	896,24	30x40	1200	6,49	7,20	6Ø14	9,24
3	1523,97	1075,49	30x40	1200	7,79	7,20	6Ø14	9,24
2	1777,96	1254,74	30x50	1500	9,09	9,00	8Ø14	12,32
1	2031,95	1433,98	30x50	1500	10,39	9,00	8Ø14	12,32

Pilastro 10

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	27,48	10,12		278,13	kN
Solaio (vano scala)	9,73	9,30		90,46	kN
Trave emergente	9,54	4,56		43,53	kN
Trave a spessore	2,33	3,28		7,63	kN
Balcone	0,00	10,22		0,00	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	8,68	6,50		56,43	kN
			$q_{tot.}$	476,18	kN
Peso proprio pilastro				38,09	kN
			TOT.	514,27	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	514,27	362,93	30x30	900	2,63	5,40	4Ø14	6,16
7	1028,55	725,86	30x30	900	5,26	5,40	4Ø14	6,16
6	1542,82	1088,80	30x40	1200	7,89	7,20	6Ø14	9,24
5	2057,10	1451,73	30x50	1500	10,51	9,00	8Ø14	12,32
4	2571,37	1814,66	30x70	1800	13,14	10,80	10Ø14	15,39
3	3085,65	2177,59	30x80	2100	15,77	12,60	4Ø20+6Ø14	21,80
2	3599,92	2540,52	30x90	2700	18,40	16,20	4Ø20+6Ø14	21,80
1	4114,19	2903,45	30x100	3000	21,03	18,00	4Ø20+8Ø14	24,88

Pilastro 11

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	15,60	10,12		157,89	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	8,53	4,56		38,92	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	4,66	10,22		47,63	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	6,00	6,50		39,01	kN
			$q_{tot.}$	283,44	kN
Peso proprio pilastro				22,68	kN
			TOT.	306,12	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	306,12	216,03	30x30	900	1,56	5,40	4Ø14	6,16
7	612,24	432,07	30x30	900	3,13	5,40	4Ø14	6,16
6	918,35	648,10	30x30	900	4,69	5,40	4Ø14	6,16
5	1224,47	864,13	30x40	1200	6,26	7,20	6Ø14	9,24
4	1530,59	1080,16	30x40	1200	7,82	7,20	6Ø14	9,24
3	1836,71	1296,20	30x50	1500	9,39	9,00	8Ø14	12,32
2	2142,83	1512,23	30x60	1800	10,95	10,80	8Ø14	12,32
1	2448,94	1728,26	30x70	2100	12,52	12,60	10Ø14	15,39

Pilastro 12

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	9,28	10,12		93,92	kN
Solaio (vano scala)	0,83	9,30		7,72	kN
Trave emergente	6,15	4,56		28,06	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	0,00	10,22		0,00	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	6,15	6,50		39,98	kN
			$q_{tot.}$	169,68	kN
Peso proprio pilastro				13,57	kN
			TOT.	183,26	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	183,26	129,33	30x30	900	0,94	5,40	4Ø14	6,16
7	366,52	258,66	30x30	900	1,87	5,40	4Ø14	6,16
6	549,78	387,99	30x30	900	2,81	5,40	4Ø14	6,16
5	733,04	517,32	30x30	900	3,75	5,40	4Ø14	6,16
4	916,30	646,65	30x30	900	4,68	5,40	4Ø14	6,16
3	1099,56	775,97	30x30	900	5,62	5,40	4Ø14	6,16
2	1282,81	905,30	30x40	1200	6,56	7,20	6Ø14	9,24
1	1466,07	1034,63	30x40	1200	7,49	7,20	6Ø14	9,24

Pilastro 13

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	24,36	10,12		246,55	kN
Solaio (vano scala)	2,10	9,30		19,52	kN
Trave emergente	8,90	4,56		40,61	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	0,00	10,22		0,00	kN
Scala - soletta rampante	1,37	12,61		17,27	kN
Scala - trave a ginocchio	2,20	10,47		23,03	kN
Scala - Pianerottolo	1,80	9,52		17,13	kN
Tamponatura	8,90	6,50		57,86	kN
			$q_{tot.}$	421,98	kN
Peso proprio pilastro				33,76	kN
			TOT.	455,73	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	455,73	321,62	30x30	900	2,33	5,40	4Ø14	6,16
7	911,47	643,24	30x30	900	4,66	5,40	4Ø14	6,16
6	1367,20	964,85	30x40	1200	6,99	7,20	6Ø14	9,24
5	1822,93	1286,47	30x50	1500	9,32	9,00	8Ø14	12,32
4	2278,67	1608,09	30x60	1800	11,65	10,80	8Ø14	12,32
3	2734,40	1929,71	30x70	2100	13,98	12,60	10Ø14	15,39
2	3190,13	2251,33	30x80	2400	16,31	14,40	4Ø20+6Ø14	21,80
1	3645,87	2572,95	30x90	2700	18,63	16,20	4Ø20+6Ø14	21,80

Pilastro 14

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	21,54	10,12		218,01	kN
Solaio (vano scala)	8,92	9,30		82,93	kN
Trave emergente	13,17	4,56		60,09	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	5,53	10,22		56,52	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	13,17	6,50		85,62	kN
			$q_{tot.}$	503,17	kN
Peso proprio pilastro				40,25	kN
			TOT.	543,42	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	543,42	383,50	30x30	900	2,78	5,40	4Ø14	6,16
7	1086,84	767,00	30x30	900	5,56	5,40	4Ø14	6,16
6	1630,27	1150,50	30x40	1200	8,33	7,20	6Ø14	9,24
5	2173,69	1534,01	30x60	1800	11,11	10,80	8Ø14	12,32
4	2717,11	1917,51	30x70	2100	13,89	12,60	10Ø14	15,39
3	3260,53	2301,01	30x80	2400	16,67	14,40	4Ø20+6Ø14	21,80
2	3803,95	2684,51	30x90	2700	19,44	16,20	4Ø20+6Ø14	21,80
1	4347,37	3068,01	30x100	3000	22,22	18,00	4Ø20+8Ø14	24,88

Pilastro 15

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	6,82	10,12		69,03	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	5,23	4,56		23,86	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	4,33	10,22		44,25	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	5,23	6,50		34,00	kN
			$q_{tot.}$	171,14	kN
Peso proprio pilastro				13,69	kN
			TOT.	184,84	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	184,84	130,44	30x30	900	0,94	5,40	4Ø14	6,16
7	369,67	260,88	30x30	900	1,89	5,40	4Ø14	6,16
6	554,51	391,32	30x30	900	2,83	5,40	4Ø14	6,16
5	739,34	521,77	30x30	900	3,78	5,40	4Ø14	6,16
4	924,18	652,21	30x30	900	4,72	5,40	4Ø14	6,16
3	1109,01	782,65	30x30	900	5,67	5,40	4Ø14	6,16
2	1293,85	913,09	30x40	1200	6,61	7,20	6Ø14	9,24
1	1478,68	1043,53	30x40	1200	7,56	7,20	6Ø14	9,24

Pilastro 16

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	7,90	10,12		79,96	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	5,38	4,56		24,55	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	11,80	10,22		120,60	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	5,38	6,50		34,98	kN
			$q_{tot.}$	260,08	kN
Peso proprio pilastro				20,81	kN
			TOT.	280,88	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	280,88	198,22	30x30	900	1,44	5,40	4Ø14	6,16
7	561,77	396,45	30x30	900	2,87	5,40	4Ø14	6,16
6	842,65	594,67	30x30	900	4,31	5,40	4Ø14	6,16
5	1123,54	792,90	30x30	900	5,74	5,40	4Ø14	6,16
4	1404,42	991,12	30x40	1200	7,18	7,20	6Ø14	9,24
3	1685,30	1189,35	30x40	1200	8,61	7,20	6Ø14	9,24
2	1966,19	1387,57	30x50	1500	10,05	9,00	8Ø14	12,32
1	2247,07	1585,79	30x60	1800	11,49	10,80	8Ø14	12,32

Pilastro 17

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	16,28	10,12		164,77	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	4,20	4,56		19,16	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	2,77	10,22		28,31	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	4,20	6,50		27,31	kN
			$q_{tot.}$	239,55	kN
Peso proprio pilastro				19,16	kN
			TOT.	258,71	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	258,71	182,58	30x30	900	1,32	5,40	4Ø14	6,16
7	517,43	365,16	30x30	900	2,64	5,40	4Ø14	6,16
6	776,14	547,73	30x30	900	3,97	5,40	4Ø14	6,16
5	1034,85	730,31	30x30	900	5,29	5,40	4Ø14	6,16
4	1293,57	912,89	30x40	1200	6,61	7,20	6Ø14	9,24
3	1552,28	1095,47	30x40	1200	7,93	7,20	6Ø14	9,24
2	1810,99	1278,05	30x50	1500	9,26	9,00	8Ø14	12,32
1	2069,70	1460,62	30x60	1800	10,58	10,80	8Ø14	12,32

Pilastro 18

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	15,12	10,12		153,03	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	4,32	4,56		19,71	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	0,00	10,22		0,00	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	4,32	6,50		28,09	kN
			$q_{tot.}$	200,83	kN
Peso proprio pilastro				16,07	kN
			TOT.	216,89	kN

Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	216,89	153,07	30x30	900	1,11	5,40	4Ø14	6,16
7	433,79	306,13	30x30	900	2,22	5,40	4Ø14	6,16
6	650,68	459,20	30x30	900	3,33	5,40	4Ø14	6,16
5	867,57	612,26	30x30	900	4,43	5,40	4Ø14	6,16
4	1084,47	765,33	30x30	900	5,54	5,40	4Ø14	6,16
3	1301,36	918,39	30x40	1200	6,65	7,20	6Ø14	9,24
2	1518,25	1071,46	30x40	1200	7,76	7,20	6Ø14	9,24
1	1735,15	1224,52	30x50	1500	8,87	9,00	8Ø14	12,32

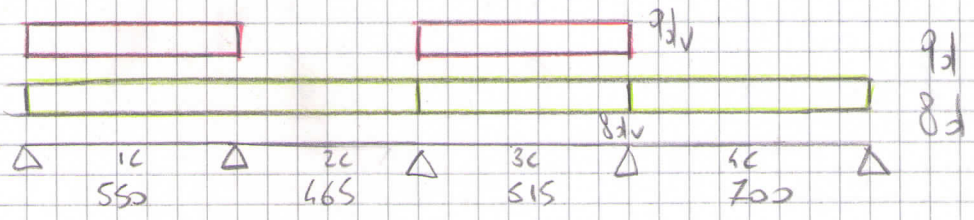
Pilastro 19

	A_i oppure L_i	Carico unitario		Carico totale	
Solaio (appartamenti)	6,91	10,12		69,94	kN
Solaio (vano scala)	0,00	9,30		0,00	kN
Trave emergente	5,50	4,56		25,10	kN
Trave a spessore	0,00	3,28		0,00	kN
Balcone	5,86	10,22		59,89	kN
Scala - soletta rampante	0,00	12,61		0,00	kN
Scala - trave a ginocchio	0,00	10,47		0,00	kN
Scala - Pianerottolo	0,00	9,52		0,00	kN
Tamponatura	5,50	6,50		35,76	kN
			$q_{tot.}$	190,68	kN
Peso proprio pilastro				15,25	kN
			TOT.	205,93	kN

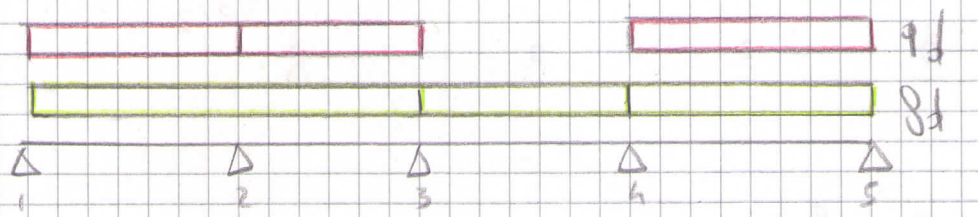
Piano	N_{ed} (kN)	A_c (cm^2)	Sezione	cm^2	A_s (cm^2)	$A_{s,min}$ (cm^2)	Barre	cm^2
8	205,93	145,33	30x30	900	1,05	5,40	4Ø14	6,16
7	411,87	290,66	30x30	900	2,11	5,40	4Ø14	6,16
6	617,80	435,99	30x30	900	3,16	5,40	4Ø14	6,16
5	823,73	581,32	30x30	900	4,21	5,40	4Ø14	6,16
4	1029,66	726,65	30x30	900	5,26	5,40	4Ø14	6,16
3	1235,60	871,98	30x40	1200	6,32	7,20	6Ø14	9,24
2	1441,53	1017,31	30x40	1200	7,37	7,20	6Ø14	9,24
1	1647,46	1162,64	30x50	1500	8,42	9,00	8Ø14	12,32

Solaio 153 - Combinazioni di carico

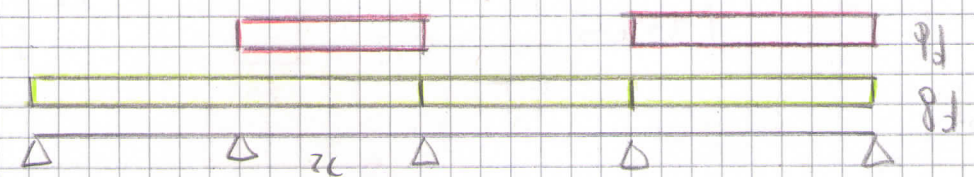
SCHEMA A 1C - 3C



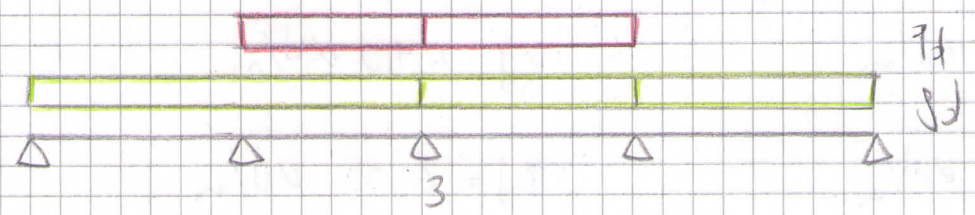
SCHEMA B Appoggio 2



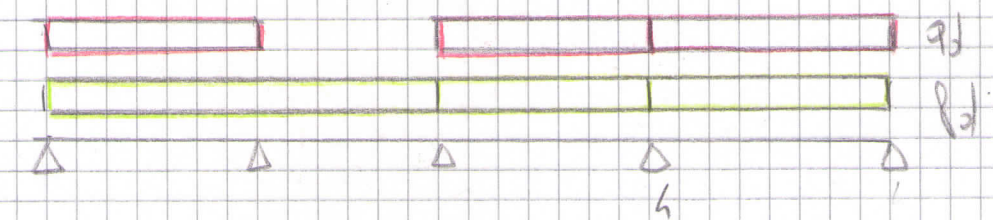
SCHEMA C 2C - 4C



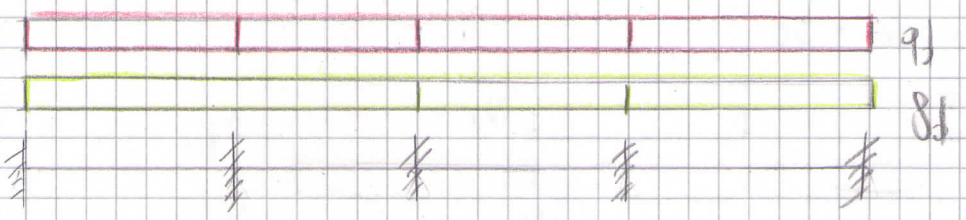
SCHEMA D Appoggio 3



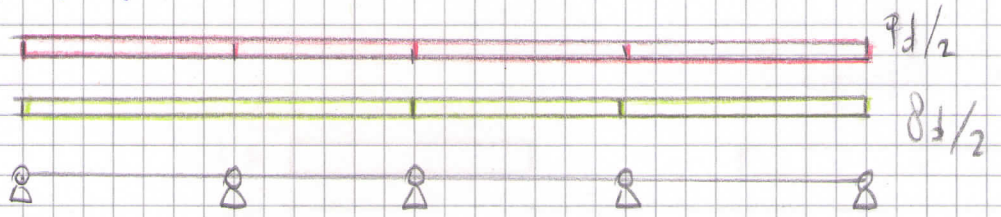
SCHEMA E Appoggio 4



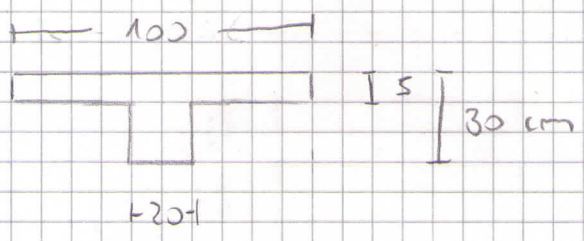
SCHEMA F



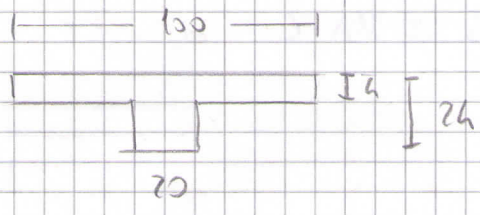
SCHEMA G



Sez trasversale solaio



Per 1C - 2C - 4C



Per 3C

Per le campate 1-2-4

$g_d = 6,07$ kN/m

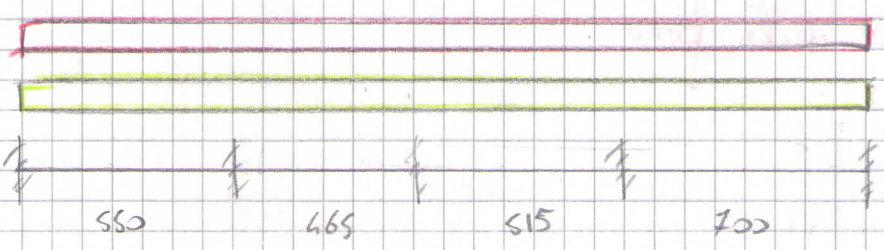
$q_d = 4,80$ kN/m

Per le campate 3

$g_d = 4,60$ kN/m

$q_d = 6,00$ kN/m

Risoluzione
Schema F



Campata 1

$$M_1 = M_2 = -\frac{ql^2}{12} = -\frac{10,9\,(5,5)^2}{12} = -27,48\ \text{kNm}$$

Campata 2

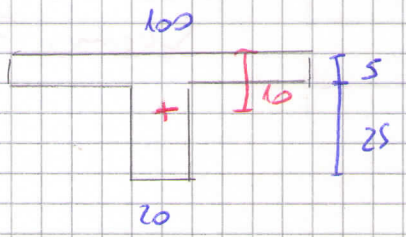
$$-\frac{ql^2}{12} = -\frac{10,9\,(4,65)^2}{12} = -19,64\ \text{kNm}$$

Campata 3

$$-\frac{ql^2}{12} = -\frac{10,8\,(5,15)^2}{12} = -23,87\ \text{kNm}$$

Campata 4

$$-\frac{ql^2}{12} = -\frac{10,9\,(7,00)^2}{12} = -44,51\ \text{kNm}$$

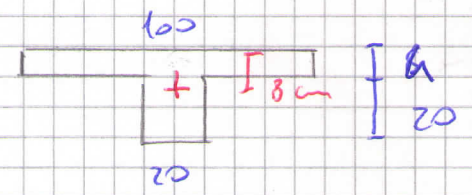


$$S_{sup} = 100 \times \frac{5^2}{2} + 25 \times 20 \times 17{,}5 = 10\,000 \text{ cm}^3$$

$$A = 100 \times 5 + 25 \times 20 = 1000 \text{ cm}^2$$

$$d_{G,sup} = \frac{10\,000}{1000} = 10 \text{ cm}$$

$$I = \frac{20 \times 20^3}{3} + \frac{100 \times 10^3}{3} - \frac{80 \times 5^3}{3} = 83\,333 \text{ cm}^4$$



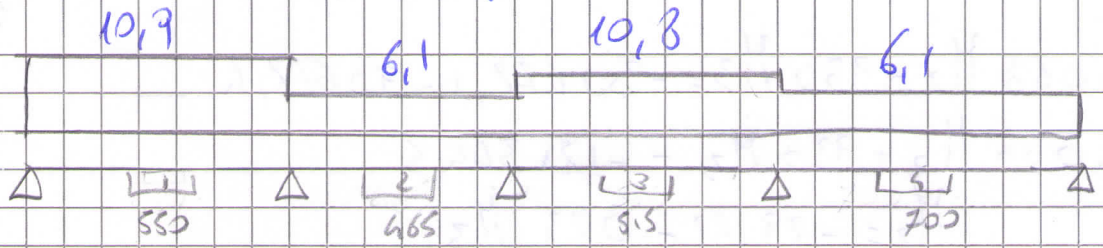
$$S_{sup} = 100 \times \frac{4^2}{2} + 20 \times 20 \times 14 = 6400 \text{ cm}^3$$

$$A = 100 \times 4 + 20 \times 20 = 800$$

$$d_{G,sup} = \frac{6400}{800} = 8 \text{ cm}$$

$$I = \frac{20 \times 16^3}{3} + \frac{100 \times 8^3}{3} - \frac{80 \times 4^3}{3} = 42\,666{,}67 \text{ cm}^4$$

SCHEMA A - Metodo delle forze



α	$\frac{1,84}{EI}$	$\frac{1,55}{EI}$	$\frac{1,72}{EI_v}$	$\frac{2,33}{EI}$
β	$\frac{0,92}{EI}$	$\frac{0,775}{EI}$	$\frac{0,86}{EI_v}$	$\frac{1,17}{EI}$
$\varphi_{1(q)}$	$-\frac{75,56}{EI}$	$-\frac{25,56}{EI}$	$-\frac{61,47}{EI_v}$	$-\frac{87,18}{EI}$
$\varphi_{2(q)}$	$\frac{75,56}{EI}$	$\frac{25,56}{EI}$	$\frac{61,47}{EI_v}$	$\frac{87,18}{EI}$

$$\alpha = \frac{l}{3EI} \qquad \beta = \frac{l}{6EI} \qquad \varphi_{1(q)} = -\frac{ql^3}{24EI}$$

$$\beta^{i-1} M_{i-1} + (\alpha^i + \alpha^{i-1}) M_i + \beta^i M_{i+1} = \varphi^i_{1(q)} - \varphi^{i-1}_{2(q)}$$

$i = 2$

$$\frac{3,39}{EI} M_2 + \frac{0,775}{EI} M_3 = -\frac{25,56}{EI} - \frac{75,56}{EI}$$

$i = 3$

$$\frac{0,775}{EI} M_2 + \left(\frac{1,72}{EI_v} + \frac{1,55}{EI}\right) M_3 + \frac{0,86}{EI_v} M_4 = -\frac{61,47}{EI_v} - \frac{25,56}{EI}$$

$i = 4$

$$\frac{0,86}{EI_v} M_3 + \left(\frac{2,33}{EI} + \frac{1,72}{EI_v}\right) M_4 = -\frac{87,18}{EI} - \frac{61,47}{EI_v}$$

con $I = 83333\ cm^4$ $\qquad I_v = 42667\ cm^4$

$$4068\,M_2 + 930\,M_3 = -30672{,}1 - 9067{,}4$$
$$4068\,M_2 + 930\,M_3 = -121344{,}5$$
$$M_2 = -29{,}82 - 0{,}23\,M_3$$

$$930\,M_2 + 5891{,}2\,M_3 + 2015{,}6\,M_4 = -144069{,}2 - 30672{,}1$$
$$930\,(-29{,}82 - 0{,}23\,M_3) + 5891{,}2\,M_3 + 2015{,}6\,M_4 = -174741{,}3$$
$$-27732{,}6 - 213{,}9\,M_3 + 5891{,}2\,M_3 + 2015{,}6\,M_4 = -174741{,}3$$
$$5677{,}3\,M_3 = -147008{,}7 - 2015{,}6\,M_4$$
$$M_3 = -25{,}89 - 0{,}36\,M_4$$

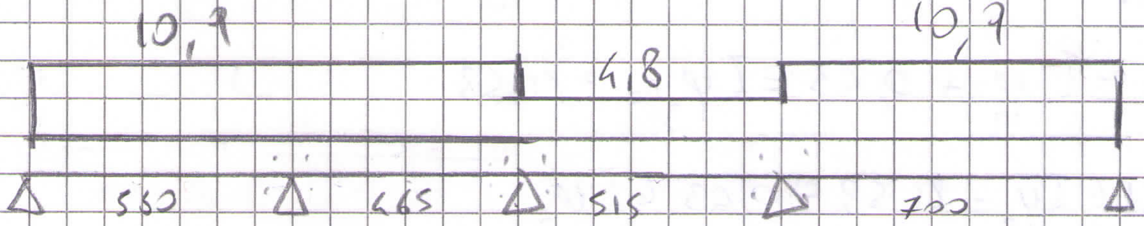
$$2015{,}6\,M_3 + 6827{,}22\,M_4 = -104616{,}42 - 144069{,}2$$
$$2015{,}6\,(-25{,}89 - 0{,}36\,M_4) + 6827{,}22\,M_4 = -248685{,}61$$
$$-52183{,}88 - 725{,}616\,M_4 + 6827{,}22 = -248685{,}61$$
$$6101{,}6\,M_4 = -196501{,}73$$
$$M_4 = -32{,}20 \qquad (-32{,}1)$$

$$M_3 = -25{,}89 - 0{,}36\,(-32{,}20) = -14{,}3 \qquad (-14{,}5)$$

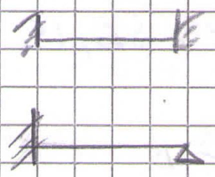
$$M_2 = -29{,}82 - 0{,}23\,(-14{,}3) = -26{,}5 \qquad (-26{,}5)$$

Metodo degli

SCHEMA B - Spostamenti



ρ_1	0	0,86 EI	0,78 EI_v	0,43 EI
ρ_2	0,55 EI	0,86 EI	0,78 EI_v	0
ρ_{12}	0	0,43 EI	0,39 EI_v	0
$\bar{m}_1$	0	19,64	10,61	66,76
$\bar{m}_2$	-41,22	-19,64	-10,61	0



$\rho = \frac{4EI}{l}$ $\rho_{12} = \frac{2EI}{l}$ $\bar{m}_1 = \frac{ql^2}{12}$ $\bar{m}_2 = -\bar{m}_1$

$\rho = \frac{3EI}{l}$ $\bar{m}_1 = \frac{ql^2}{8}$ $\bar{m}_2 = -\bar{m}_1$

$$\rho_{12}^{i-1}\varphi_{i-1} + (\rho_1^i + \rho_2^{i-1})\varphi_i + \rho_{12}^i \varphi_{i+1} = -\bar{m}_2^{i-1} - \bar{m}_1^i$$

$i=2$

$$(0,86\,EI + 0,55\,EI)\varphi_2 + 0,43\,EI\,\varphi_3 = +41,22 - 19,64$$

$i=3$

$$0,43\,EI\,\varphi_2 + (0,78\,EI_v + 0,86\,EI)\varphi_3 + 0,39\,EI_v\,\varphi_4 = 19,64 - 10,61$$

$i=4$

$$0,39\,EI_v\,\varphi_3 + (0,43\,EI + 0,78\,EI_v)\varphi_4 = 10,61 - 66,76$$

$$\frac{I}{I_v} = \frac{83333}{42667} = 1,95 \qquad I_v = \frac{I}{1,95}$$

$$1,41\,EI\,\varphi_2 + 0,43\,EI\,\varphi_3 = -21,58$$

$$1,41\,EI\,\varphi_2 = 21,58 - 0,43\,EI\,\varphi_3$$

$$\varphi_2 = \frac{15,30}{EI} - 0,30\,\varphi_3$$

$$0,43\,EI\,\varphi_2 + (0,4EI + 0,86EI)\,\varphi_3 + 0,20\,EI\,\varphi_4 = 9,03$$

$$0,43EI\left(\frac{15,30}{EI} - 0,30\,\varphi_3\right) + 1,26\,EI\,\varphi_3 + 0,20\,EI\,\varphi_4 = 9,03$$

$$6,579 - 0,129\,EI\,\varphi_3 + 1,26\,EI\,\varphi_3 = 9,03 - 0,20\,EI\,\varphi_4$$

$$1,131\,EI\,\varphi_3 = 2,451 - 0,20\,EI\,\varphi_4$$

$$\varphi_3 = \frac{2,167}{EI} - 0,177\,\varphi_4$$

$$0,2\,EI\,\varphi_3 + (0,43\,EI + 0,4\,EI\,\varphi_4) = -56,15$$

$$0,20\,EI\left(\frac{2,167}{EI} - 0,177\,\varphi_4\right) + 0,83\,EI\,\varphi_4 = -56,15$$

$$0,4334 - 0,0354\,EI\,\varphi_4 + 0,83\,\varphi_4 = -56,15$$

$$0,7946\,EI\,\varphi_4 = -56,5834$$

$$\varphi_4 = -\frac{71,210}{EI}$$

$$\varphi_3 = \frac{2,167}{EI} - 0,177\left(-\frac{71,210}{EI}\right) = \frac{14,771}{EI}$$

$$\varphi_2 = \frac{15,30}{EI} - 0,30\left(\frac{14,771}{EI}\right) = \frac{10,869}{EI}$$

$$m_1^i = f_{1,1}^i \varphi_1^i + f_{1,2}^i \varphi_2^i + \bar{m}_1^i$$
$$m_2^i = f_{1,2}^i \varphi_1^i + f_2^i \varphi_2^i + \bar{m}_2^i$$

$m_1^1 = 0$

$m_2^1 = 0,55 \times 10,928 - 41,22 = -35,2$ $\quad (-35,2)$

$m_1^2 = 0,86 \times 10,869 + 0,43 \times 14,771 + 19,64 = 35,3$

$m_2^2 = 0,43 \times 10,869 + 0,86 \times 14,771 - 19,64 = -2,3$ $\quad (-2,3)$

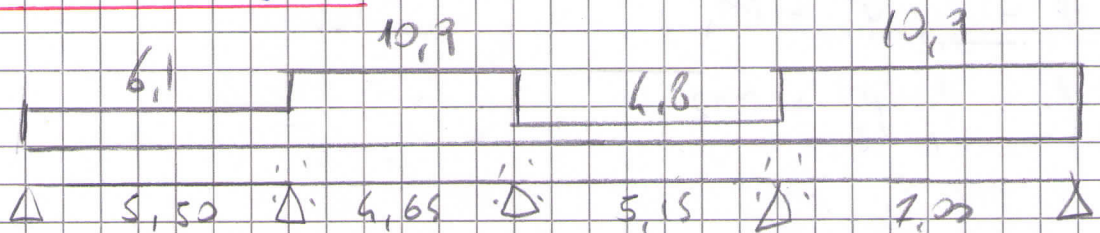
$m_1^3 = 0,4 \times 14,771 + 0,20 \times (-71,210) + 10,61 = 2,3$

$m_2^3 = 0,20 \times 14,771 + 0,4 \times (-71,210) - 10,61 = -36,1$ $\quad (-36)$

$m_1^4 = 0,43 \times (-71,210) + 66,76 = 36,1$

$m_2^4 = 0$

Metodo di Cross - SCHEMA C



$\rho_1 = \rho_2$		0,86EI	0,78EI ✓ 0,4EI	
	0,55EI			0,43EI
ρ_{12}	0	0,43EI	0,39EI ✓	0
$\bar{m}_1$		19,64	10,61	
	23,07			66,76

$\rho_1 = \rho_2 = \frac{4EI}{l}$ $\quad \rho_{12} = \frac{2EI}{l}$ $\quad \bar{m}_1 = -\frac{ql^2}{12}$

Campata di estremità $\rho = \frac{3EI}{l}$ $\quad$ Campata di estremità $\bar{m}_1 = -\frac{ql^2}{8}$

$-23,07 + 19,64 = 3,43$

$-19,64 + 1,05 = -18,59 + 10,61 = -7,98$

$-10,61 + 1,27 = 11,88$ $\quad 66,76 - 11,88 = 54,88$

$4,52 + 2,73 = 7,25$

$0,36 + 2,10 = 2,46$

$0,21 + 0,76 = 0,97$

$0,05 + 0,10 = 0,15$

$0,10 + 0,02 = 0,12$

0,390	0,610	0,683	0,317	0,432	0,568
-23,07	19,64	-19,64	10,61	-10,61	66,76
1,34	2,09 --->	1,05			
	2,73 <---	5,45	2,53 --->	1,27	
			-13,23 <---	-26,45	-28,43
	4,52 <---	9,04	4,19 --->	2,10	
-2,83	-4,43 --->	-2,23			
	0,76 <---	1,52	0,71 --->	0,36	
			-0,60 <---	-1,19	-1,27
	0,21 <---	0,41	0,19 --->	0,10	
-0,38	+0,59 --->	-0,30			
	0,10 <---	0,20	0,10 --->	0,05	
			-0,04 <---	-0,07	-0,07
	0,02 <---	0,03	0,01 --->	0,005	
-0,05	-0,07 --->	0,0035			
SOMMA	-24,99	+24,99	-4,4	4,4	-36,97	36,99
	(-25,00)		(-4,1)		(-35,5)	

Solaio

Armatura inferiore				
Campata	M_{ed} [kNm]	d [m]	A_s (1 m)	A_s (travetto)
1	29,41	0,26	3,21	1,61
2	15,84	0,26	1,73	0,86
3	17,90	0,20	2,54	1,27
4	50,19	0,26	5,48	2,74

Campata	A_s (travetto)	Barre	M_{Rd} [kNm]
1	1,61	1Ø10 + 1Ø14	42,49
2	0,86	2Ø10	28,57
3	1,27	2Ø10	21,98
4	2,74	2Ø14	56,40

Armatura superiore				
Appoggio	M_{ed} [kNm]	d [m]	A_s (1 m)	A_s (travetto)
1	27,48	0,26	3,00	1,50
2	35,20	0,26	3,84	1,92
3	23,87	0,20	3,39	1,69
4	45,60	0,20	6,47	3,24
5	44,51	0,26	4,86	2,43

Appoggio	A_s (travetto)	Barre	M_{Rd} [kNm]
1	1,50	2Ø10	28,57
2	1,92	3Ø10	42,85
3	1,69	3Ø10	32,96
4	3,24	1Ø10 + 2Ø14	54,38
5	2,43	2Ø14	56,40

Per le campate 1-2-4

M_{Rd} (1Ø10)= 14,28 kNm

M_{Rd} (1Ø14)= 28,20 kNm

Per la campata 3

M_{Rd} (1Ø10)= 10,99 kNm

M_{Rd} (1Ø14)= 21,69 kNm

Calcolo del momento resistente del calcestruzzo

Momento positivo

Per le campate 1-2-4

b= 1 m
d= 0,26 m
r'= 0,0197

$M_{rd} = bd^2/r'^2$= 174,19 kNm

Per la campata 3

b= 1 m
d= 0,20 m
r'= 0,0197

$M_{rd} = bd^2/r'^2$= 103,07 kNm

Momento negativo

Per le campate 1-2-4

b= 0,20 m
d= 0,26 m
r'= 0,0197

$M_{rd} = bd^2/r'^2$= 34,84 kNm

Per la campata 3

b= 0,20 m
d= 0,20 m
r'= 0,0197

$M_{rd} = bd^2/r'^2$= 20,61 kNm

Fascia semipiena

Appoggio 4 (campata 3)

20,61 kNm < 46,5 kNm

b= 0,60 m
d= 0,20 m
r'= 0,0197

$M_{rd} = bd^2/r'^2$= 61,84 kNm

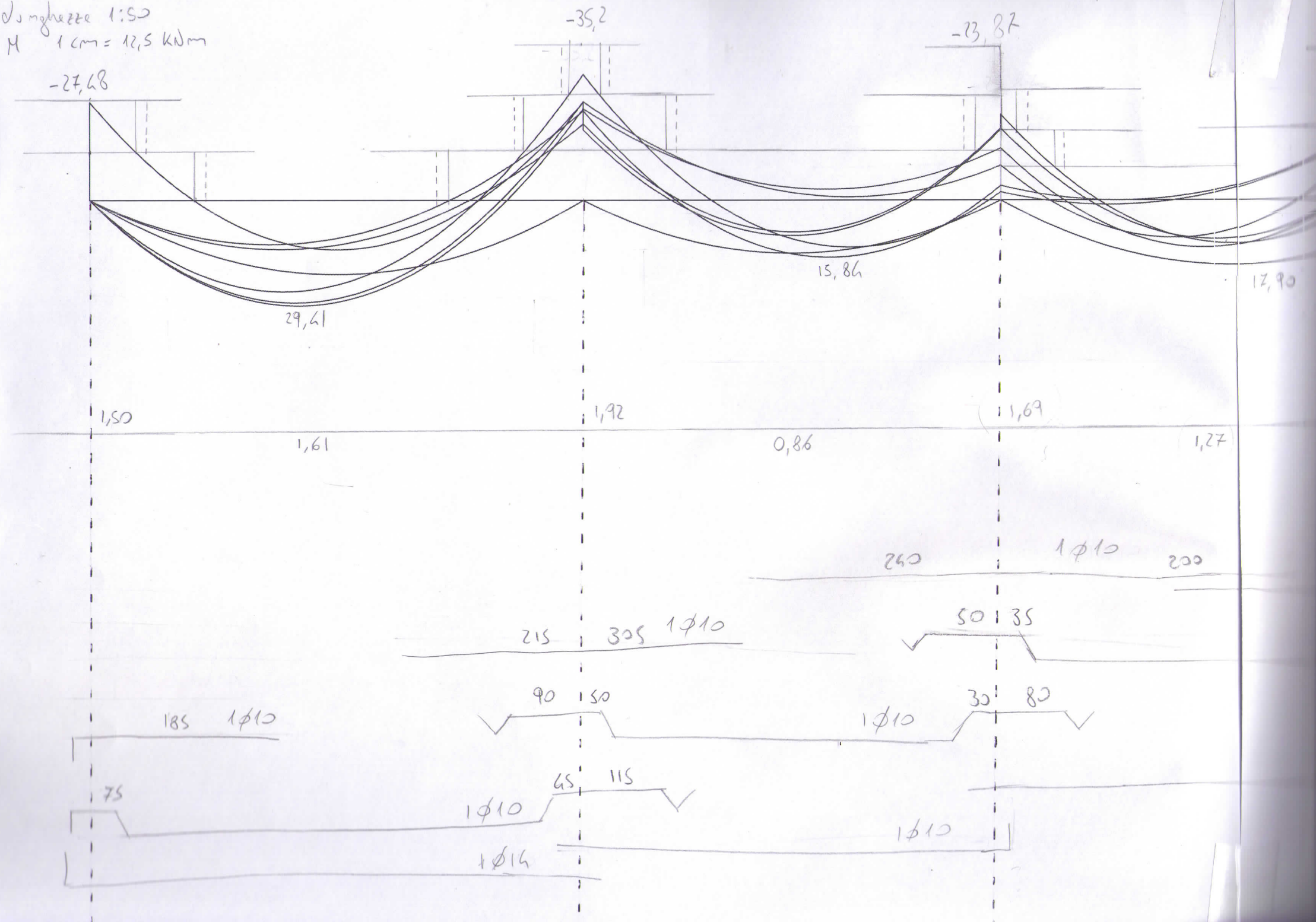
Fascia semipiena

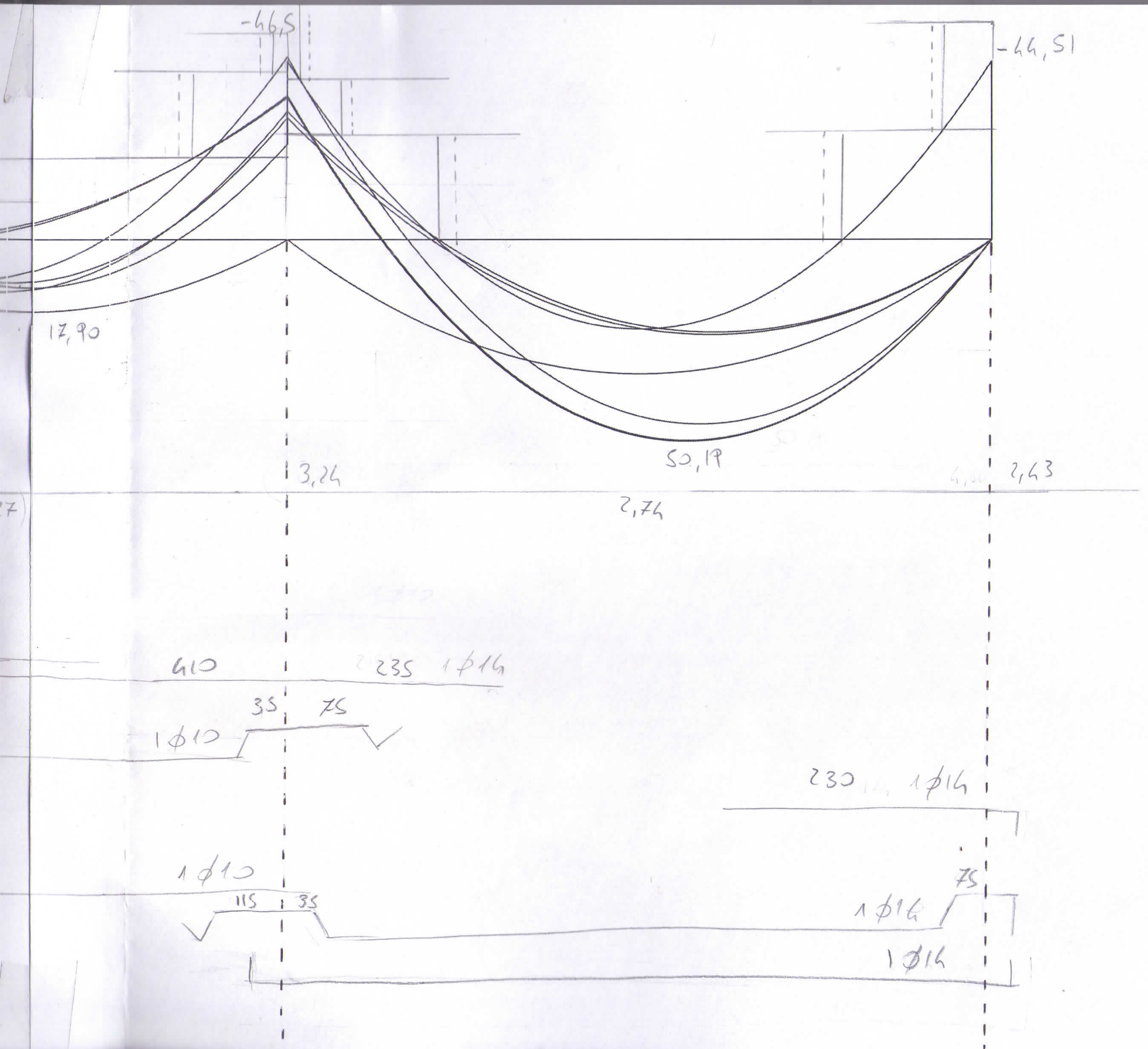
Appoggio 4 (campata 4)

b= 0,60 m
d= 0,26 m
r'= 0,0197

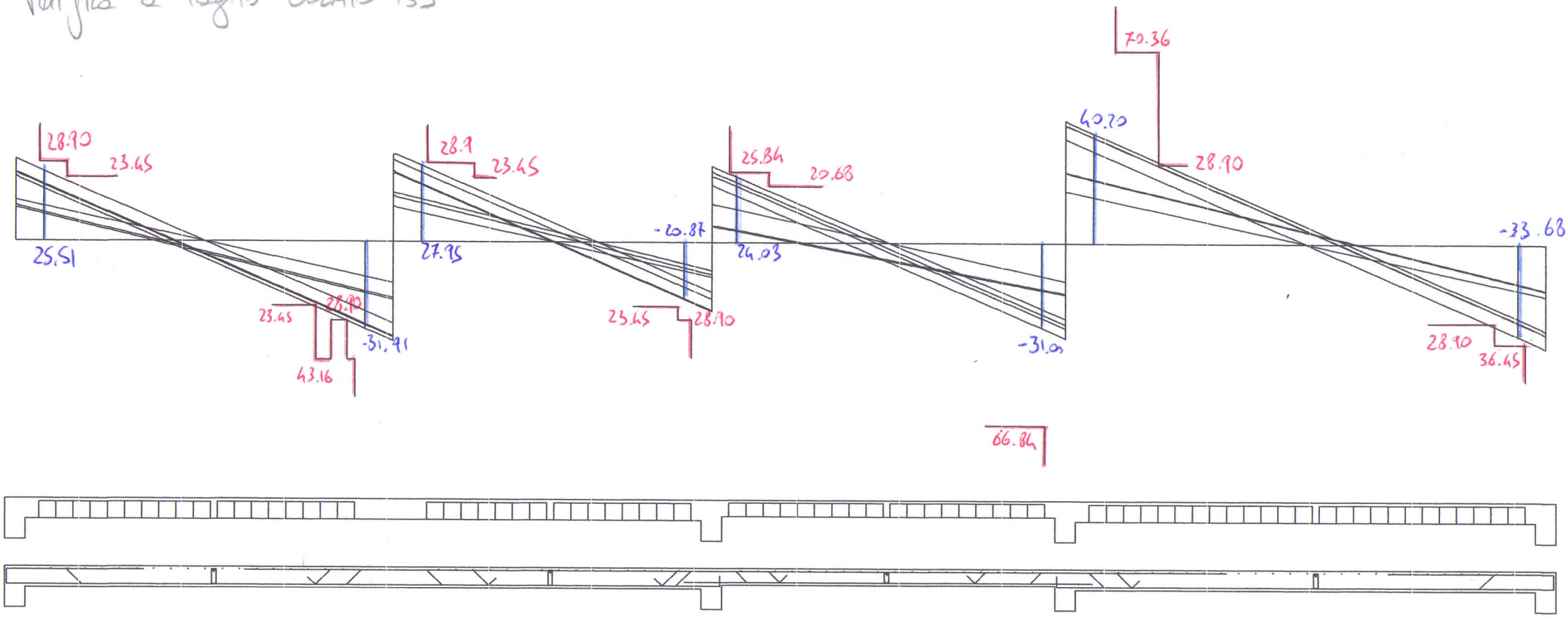
$M_{rd} = bd^2/r'^2$= 104,51 kNm

Lunghezze 1:50
M 1 cm = 12,5 kNm




-46,5
-44,51
17,90
50,19
3,24
2,43
2,74
410
235 1ϕ16
35
75
1ϕ10
230 1ϕ16
1ϕ10
115
35
75
1ϕ16
1ϕ16

Verifica a Taglio SOLAIO 153



Verifica a taglio solaio 153

$$V_{Rd,c} = 0.18\, K \sqrt[3]{100\, \rho_l \frac{f_{ck}}{\gamma_c}}\, bd$$

$$V_{Rd,c} = 0.035 \sqrt{K^3 f_{ck}}\, bd$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{bd} \qquad K = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}$$

Appoggio 1
2 ϕ10

$$\rho_l = \frac{2(2 \times 0{,}78)}{20 \times 26} = 0{,}006 \qquad K = 1 + \sqrt{\frac{200}{260}} = 1{,}88$$

$$0.18 \times 1{,}88 \sqrt[3]{\frac{100 \times 0{,}006 \times 25}{1{,}5}} = 0{,}556$$

$$0.035 \sqrt{1{,}88^3 \times 25} = 0{,}451$$

$$V_{Rd,c} = 0{,}556 \times 20 \times 26 \times 10^{-1} = 28{,}9 \text{ KN} > 25.51 \text{ kN}$$

ok

Appoggio 3 (a sinistra)
2 ϕ10

$$\rho_l = 0{,}006 \qquad K = 1{,}88$$

$$V_{Rd,c} = 28{,}9 \text{ KN} > 20{,}87 \text{ KN} \quad \text{ok}$$

Appoggio 3 (a destra)
2 ϕ10

$$\rho_l = \frac{2(2 \times 0{,}78)}{20 \times 20} = 0{,}0078 \qquad K = 1 + \sqrt{\frac{200}{200}} = 2$$

$$0.18 \times 2 \sqrt[3]{\frac{100 \times 0{,}0078 \times 25}{1{,}5}} = 0{,}646$$

$$0{,}035 \sqrt{2^3 \times 25} = 0{,}495$$

$V_{Rd,c} = 0,646 \times 20 \times 20 \times 10^{-1} = 25,84 \text{ KN} > 24,03 \text{ KN}$ OK!

Appoggio 4 (a sinistra)

$2\phi 14$

$\rho_l = \frac{2(2 \times 1,54)}{60 \times 20} = 0,005$ $\quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{200}} = 2$

$0.18 \times 2 \times \frac{\sqrt[3]{100 \times 0,005 \times 25}}{1,5} = 0,557$

$0,035 \sqrt{2^3 25} = 0,495$

$V_{Rd,c} = 0,557 \times 60 \times 20 \times 10^{-1} = 66,84 \text{ KN} > 31,00 \text{ KN}$ OK

Appoggio 4 (a destra)

$1\phi 10 + 1\phi 14$

$\rho_l = \frac{2(0,78 + 1,54)}{20 \times 26} = 0,009$ $\quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{260}} = 1,88$

$0.18 \times 1,88 \times \frac{\sqrt[3]{100 \times 0,009 \times 25}}{1,5} = 0,637$

$0,035 \sqrt{1,88^3 \times 25} = 0,451$

$V_{Rd,c} = 0,637 \times 20 \times 26 \times 10^{-1} = 33,12 \text{ KN} < 40,20 \text{ KN}$

Appoggio 5

$2\phi 14$

$\rho_l = \frac{2(2 \times 1,54)}{20 \times 26} = 0,012$ $\quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{260}} = 1,88$

$0,18 \times 1,88 \times \frac{\sqrt[3]{100 \times 0,012 \times 25}}{1,5} = 0,701$

$0,035 \sqrt{1,88^3 \times 25} = 0,451$

$V_{Rd,c} = 0,701 \times 20 \times 26 \times 10^{-1} = 36,45\ KN > 33,68\ KN$ OK!

Appoggio 2 (a sinistra)

$2\phi 10$

$\rho_l = 0,006 \qquad K = 1,88$

$V_{Rd,c} = 0,556 \times 20 \times 26 \times 10^{-1} = 28,9\ KN < -31,91\ KN$

Appoggio 2 (a destra)

$V_{Rd,c} = 28,9 > 27,95\ KN$ OK

Il taglio non è verificato in corrispondenza dell'appoggio 2 (a sinistra) e in corrispondenza dell'appoggio 4 (a destra)

Per l'appoggio 2 consideriamo la presenza di $1\phi 10$ sagomato a 45°

$$V_{Rd,s} = 0,9\, d\, \frac{A_s}{s} f_{yd} (\cot\alpha + \cot\theta) \operatorname{sen}\alpha$$

Con $\alpha = 45°$

$A_s = 2 \times 0,78 = 1,56\ cm^2$

$\cot\theta = 2$

$s = 0,9\, d\, (\cot\theta + \cot\alpha) = 0,9 \times 26 \times (2+1) = 70,2$

$$V_{Rd,s} = 0,9 \times 26 \times \frac{1,56}{70,2} \times 391,3 \times (1+2) \frac{\sqrt{2}}{2} \times 10^{-1} =$$

$= 43,16\ KN > 31,91\ KN$ OK

Anche in corrispondenza dell'appoggio 4 sono presenti sagomati a 45°, tuttavia questi ultimi non ricoprono l'area necessaria di diagramma sollecitante dunque si è deciso di realizzare una fascia semi piena.

Appoggio 4 (a destra)

$1\phi10 + 1\phi14$

$$\rho_l = \frac{2(0,78+1,54)}{60 \times 26} = 0,003 \qquad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{260}} = 1,88$$

$$0,18 \times 1,88 \times \frac{\sqrt[3]{100 \times 0,003 \times 25}}{1,5} = 0,441$$

$$0,035 \sqrt{1,88^3 \times 25} = 0,451$$

$$V_{Rd,c} = 0,451 \times 60 \times 26 \times 10^{-1} = 70,36 \text{ kN} > 40.20 \text{ kN}$$

ok

- Verifica a taglio

Appoggio 1 - Appoggio 2 - Appoggio 3 (sinistra)

1 ϕ 10

$\rho_l = \frac{2 \times 0{,}78}{20 \times 26} = 0{,}003$ $\quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{260}} = 1{,}88$

$0{,}18 \times 1{,}88 \times \frac{\sqrt[3]{100 \times 0{,}003 \times 25}}{1{,}5} = 0{,}441$

$0{,}035 \sqrt{1{,}88^3 \times 25} = 0{,}451$

$V_{Rd,c} = 0{,}451 \times 20 \times 26 \times 10^{-1} = 23{,}45\ kN$

Appoggio 3 (destra)

1 ϕ 10

$\rho_l = \frac{2 \times 0{,}78}{20 \times 20} = 0{,}004$ $\quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{200}} = 2$

$0.18 \times 2 \times \frac{\sqrt[3]{100 \times 0{,}004 \times 25}}{1{,}5} = 0{,}517$

$V_{Rd,c} = 0{,}517 \times 20 \times 20 \times 10^{-1} = 20{,}68\ kN$

Appoggio 4 (destra) - Appoggio 5

1 ϕ 14

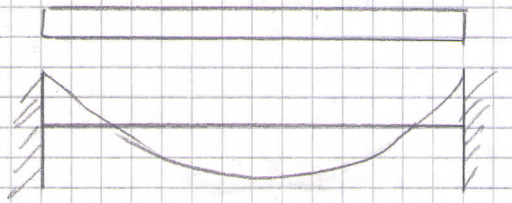
$\rho_l = \frac{2 \times 1{,}54}{20 \times 26} = 0{,}006$ $\quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{260}} = 1{,}88$

$0{,}18 \times 1{,}88 \times \frac{\sqrt[3]{100 \times 0{,}006 \times 25}}{1{,}5} = 0{,}556$

$0{,}035 \sqrt{1{,}88^3 \times 25} = 0{,}451$

$V_{Rd,c} = 0,556 \times 20 \times 26 \times 15 = 26,90\ kN$

Dimensionamento trave a spessore



Travata 102
Campata 6-7

L = 4,25

Carichi sulla trave

	Li	gd	qd
Solaio	5,86	35,57	28,13
Trave e sp		3,28	
		38,85	28,13

Tot 66,98 KN/m

$L_i = 2,75 \times 1,2 + 2,325 \times 1,1 = 5,86$ m

Momento all'incastro

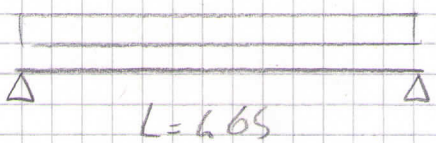
$$M_{ed} = \frac{ql^2}{12} = \frac{66,98 \cdot 4,25^2}{12} = 100,82 \text{ KNm}$$

Sezione ipotizzata 30 x 60

b = 0,60 m
d = 0,26 m

$$M_{rd} = \frac{bd^2}{\pi^2} = \frac{0,60 \times 0,26^2}{0,018^2} = 125,2 \text{ KNm}$$

100,82 < 125,2 ok!



Trave 107

L = 4,65

Carichi sulla trave

	gd
	6,50
Trave e spessore	3,28

Tot 9,78 KN/m

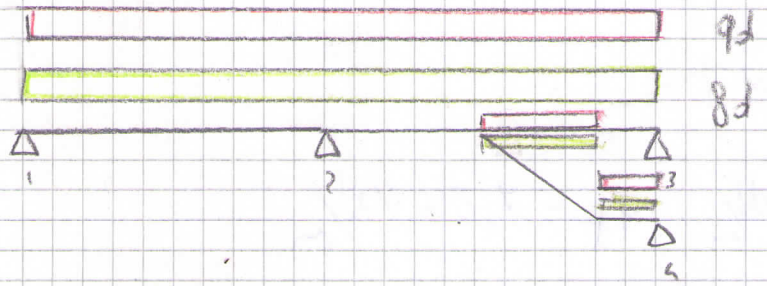
$$M_{Ed} = p\frac{l^2}{8} = \frac{9,78 \times 4,65^2}{8} = 26,4 \text{ kN m}$$

$$b = M_{Ed}\frac{\pi^2}{d^2} = 26,4\ \frac{0,018^2}{0,26^2} = 0,127 \text{ m}$$

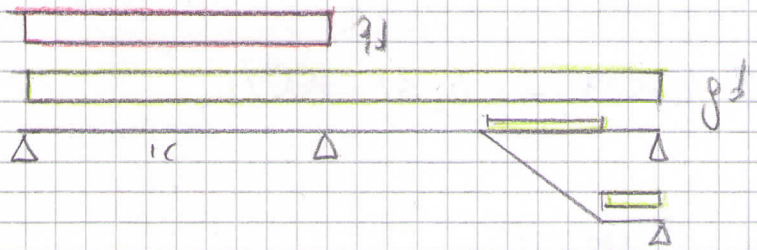
Trave a spessore 30×30

Tavola 103 - Combinazioni di carico

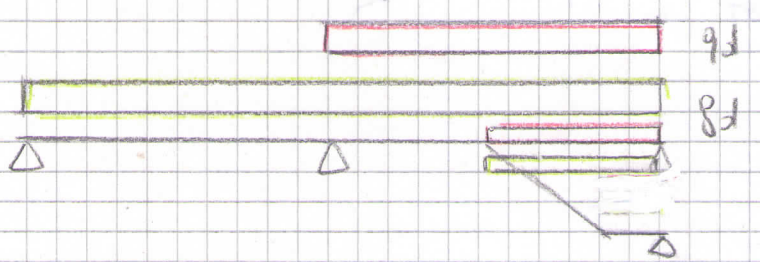
SCHEMA A Appoggio 2



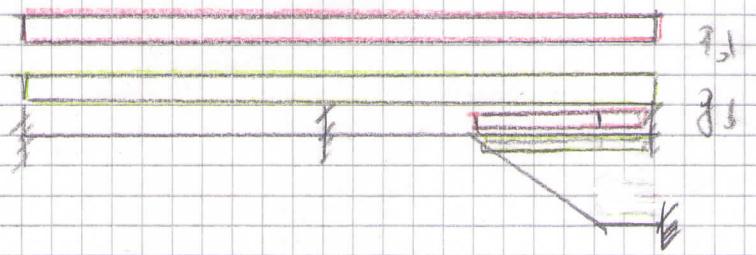
SCHEMA B 1C



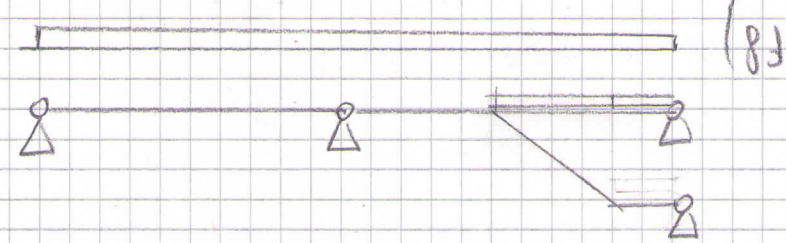
SCHEMA C 2C



SCHEMA D

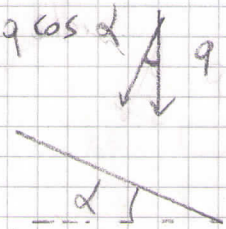


SCHEMA F



TRATTO III

Compete 2 delle travi 03



$\alpha = 29°$

$g_d = 18,82 \ kN/m \quad q_d = 7,80 \ kN/m$

$g_d \cos\alpha = 18,82 \cos 29 = 16,46 \ kN/m$

$q_d \cos\alpha = 7,8 \cos 29 = 6,82 \ kN/m$

N.B. Valori per TRAVI

$(g_d + q_{d1})_{tot} = 23,28 \ kN/m$

Determinazione carichi trave 103

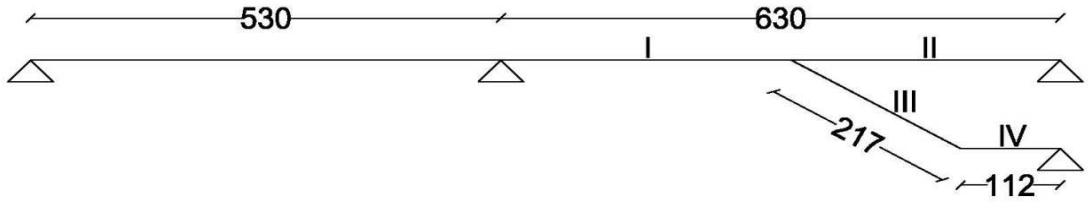
Campata 10-11	Li (m)	Gd (kN/m)	Qd (kN/m)	
Solaio (appartamenti)	5,88	35,70	28,22	
Peso proprio trave	-	4,56	-	Gd+Qd
	Tot.	40,26	28,22	68,48

Campata 9-10				
I tratto	Li (m)	Gd (kN/m)	Qd (kN/m)	
Solaio (appartamenti)	2,325	14,12	11,16	
Tamponatura	-	6,50	-	
Solaio (vano scala)	2,575	12,35	15,45	
Peso proprio trave	-	4,56	-	Gd+Qd
	Tot.	37,53	26,61	64,14

II tratto	Li (m)	Gd (kN/m)	Qd (kN/m)	
Solaio (appartamenti)	2,325	14,12	11,16	
Tamponatura	-	6,50	-	
Peso proprio trave	-	4,56	-	Gd+Qd
	Tot.	25,18	11,16	36,34

III tratto	Li (m)	Gd (kN/m)	Qd (kN/m)	
Gradini	1,3	7,76	7,80	
Tamponatura	-	6,50	-	
Peso proprio trave	-	4,56	-	Gd+Qd
	Tot.	18,82	7,80	26,62

IV tratto	Li (m)	Gd (kN/m)	Qd (kN/m)	
Soleta rampante	2,575	20,87	15,45	
Tamponatura	-	6,50	-	
Peso proprio trave	-	4,56	-	Gd+Qd
	Tot.	31,94	15,45	47,39



Dimensionamento travi emergenti

Dimensioni ipotizzate trave emergente 30x60

b= 0,30 m
d= 0,56 m
r'= 0,018

$M_{rd} = bd^2/r'^2$= 290,37 kNm

M_{ed}= 271,85 < 290,37 kNm ok!

Progetto delle armature della trave 103

Armatura a flessione

Armatura minima da disporre superiormente:

$$A_{s,min} = (0{,}26/f_{yk})\, f_{ctm}\, bd$$

Trave emergente 30x60

b= 30 cm

d= 56 cm

$(0{,}26/f_{yk})\, f_{ctm}$ = 0,001479

$A_{s,min}$= 2,48 cm^2 2Ø14

Considerando la presenza di momenti elevati decido comunque di adottare come armatura minima superiore 2Ø20 (6,28 cm^2)

Trave di piano

Armatura inferiore					
Campata	M_{ed} (kNm)	d (m)	A_s (cm^2)	Barre	M_{rd} (kNm)
1	145,72	0,56	7,39	1Ø14 + 2Ø20	154,22
2	221,09	0,56	11,21	4Ø20	247,70

Armatura superiore					
Appoggi	M_{ed} (kNm)	d (m)	A_s (cm^2)	Barre	M_{rd} (kNm)
1	160,30	0,56	8,13	1Ø14 + 2Ø20	154,22
2	271,85	0,56	13,78	1Ø14 + 4Ø20	278,07
3	94,60	0,56	4,80	2Ø20	123,85

Trave a ginocchio

Armatura inferiore					
Campata	M_{ed} (kNm)	d (m)	A_s (cm^2)	Barre	M_{rd} (kNm)
1	77,01	0,56	3,90	2Ø14 + 1Ø20	122,67

Armatura superiore					
Appoggi	M_{ed} (kNm)	d (m)	A_s (cm^2)	Barre	M_{rd} (kNm)
1	6,13	0,56	0,31	2Ø14	60,74
2	145,17	0,56	7,36	1Ø14 + 2Ø20	154,22

M_{rd}(2Ø20)= 123,85 kNm

M_{rd}(2Ø14)= 60,74 kNm

Armatura compressa.

Controllo il momento resistente della sezione in assenza di armatura compressa tramite la formula:

$$M_{rd,A's=0} = bd^2/r'^2$$

b=	0,3	m
d=	0,56	m
r'=	0,0197	

$$M_{rd,A's=0} = 242,42 \text{ kNm}$$

Questo valore è sempre maggiore dei valori di momento sollecitante presenti nella trave, tranne in corrispondenza dell'appoggio 2 dove:

$$M_{ed} = 271,85 \text{ kNm}$$

ΔM =	29,43	kNm		
c =	4	cm		
γ = c/d =	0,07		γ < 0,11	l'armatura compressa è snervata
s' =	1,00			

$$A'_s = \Delta M/[(d-c)s'f_{yd}]$$

$$A'_s = 1,45 \text{ cm}^2$$

In corrispondenza dell'appoggio 2 il momento è negativo e l'armatura compressa è quella inferiore, in questo appoggio sono già presenti 2Ø20+1Ø14 che ricoprono abbondantemente l'area di cui ho bisogno.

Armature a taglio

STAFFE

La resistenza del calcestruzzo $V_{rd,max}$ vale:

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

con

v=	0,5		
z=	0,9 d		
cotθ=	2	(ipotizzato)	

$V_{rd,max}$= 428,50 kN

$V_{ed,max}$ = 204 kN < 428,50 kN

Armatura minima:

$$A_{st}/s > 0{,}15b$$

$A_{st}/s >$ 4,5 cm^2

Usando staffe Ø8 con due bracci, si ha un'area di 1 cm^2, quindi si dovranno disporre 5 staffe in un metro ogni 20 cm. (Ø8/20)

La resistenza dell'armatura calcolata ponendo cotθ=2 è:

$$V_{rd,s}= A_{st}/s\, z\, f_{yd}\, \cot\theta$$

Ø8/20 $V_{rd,s}$= 197,22 kN

Ø8/15 $V_{rd,s}$= 236,66 kN

In entrambi i casi il valore di $V_{rd,s}$ non supera mai il $V_{rd,max}$, il valore ipotizzato di cotθ= 2 va bene.

ARMATURE DI PARETE

$$A_{sp}= V\, \cot\theta/4f_{yd}$$

Con:

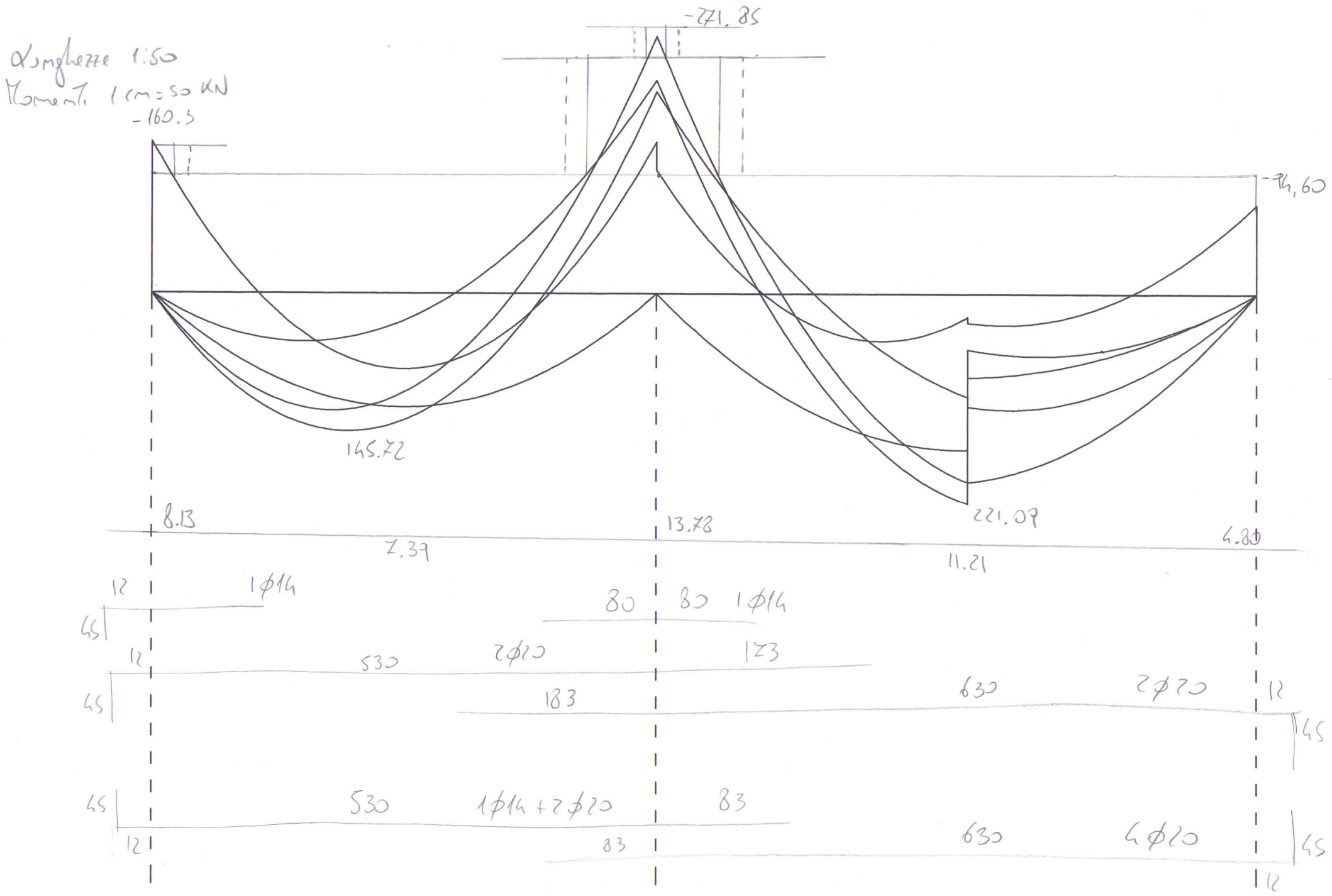
V= 204 kN (trave di piano)

A_{sp}= 2,61 cm^2

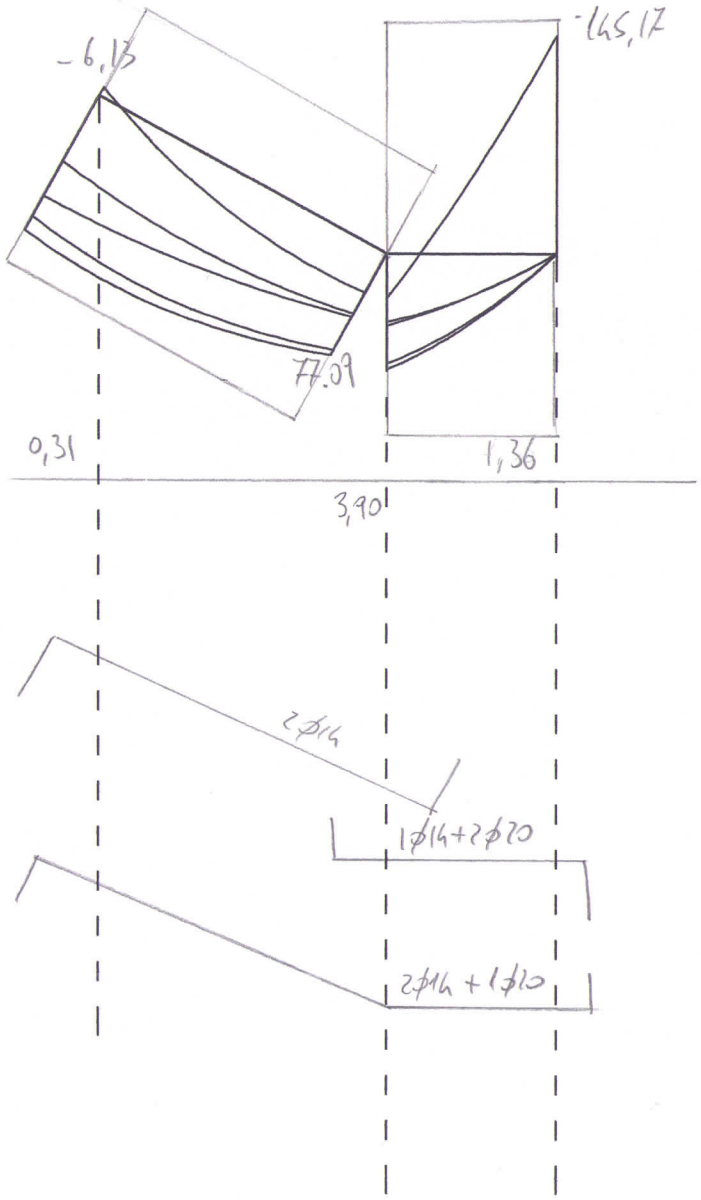
Quindi occorrono 2Ø14 (A=3,08 cm^2)

V= 150 kN (trave a ginocchio)

A_{sp}= 1,92 cm^2


Ascisse 1:50
Momenti 1 cm = 50 kN
-160.3
-271.85
-94.60
145.72
221.09
8.13
7.39
13.78
11.21
4.80
12
1φ14
80
80
1φ14
45
12
530
2φ20
123
183
630
2φ20
12
45
45
530
1φ14+2φ20
83
83
630
4φ20
45
12
12

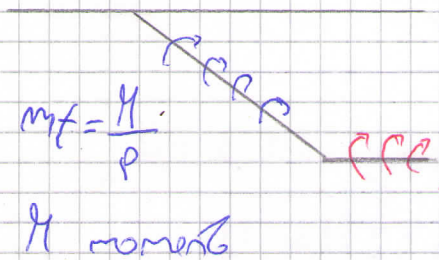
Lunghezze 1:50
Momenti 1cm = 50 KN



Torsione

Trave a ginocchio soggetta a torsione

Determino m_t per la rampa e per il pianerottolo



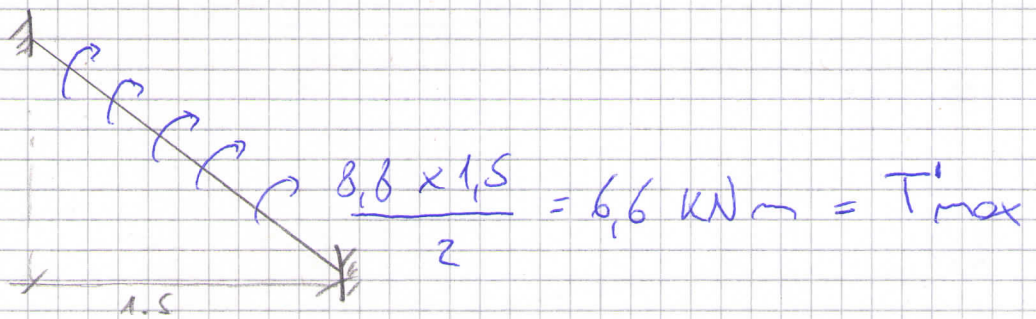
$m_t = \frac{M}{p}$ con M momento all'incastro nel ginocchio e p passo

con M_p momento nel pianerottolo

$m_{t_2} = 40,53$ kN

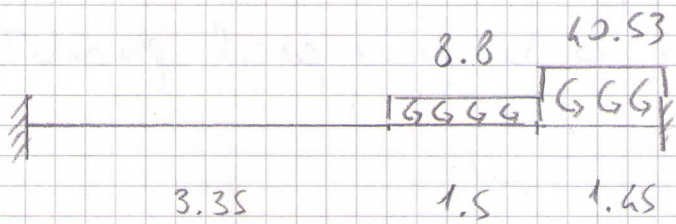
$m_t = \frac{2,64}{0,30} = 8,8$ kN m

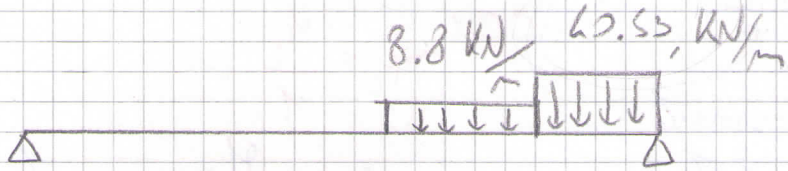
- Momento da applicare agli estremi del pianerottolo (della rampa) $b_p = 1,30$ m



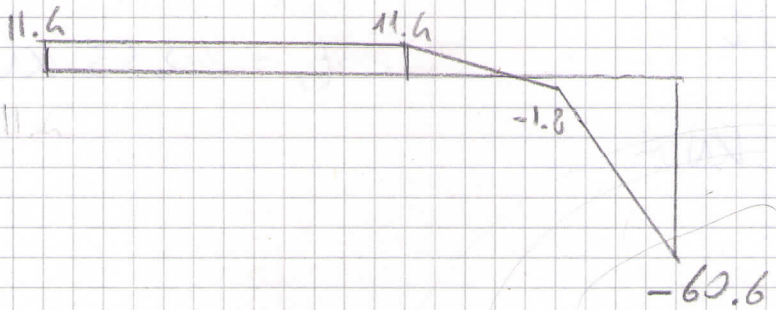
$M = \frac{6,6}{1,3} = 5,08$ kN m

Per trovare T_{Ed} risolvo:

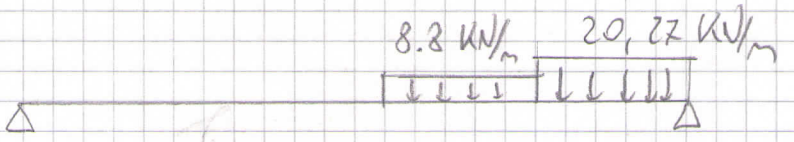


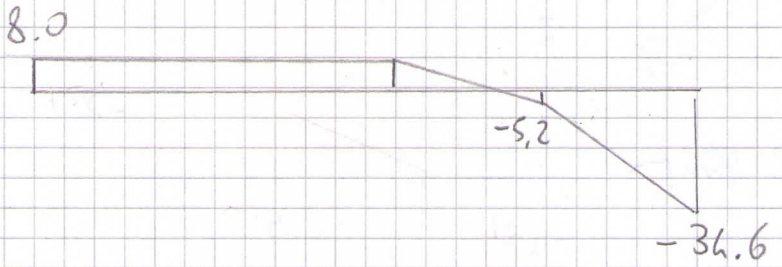


V

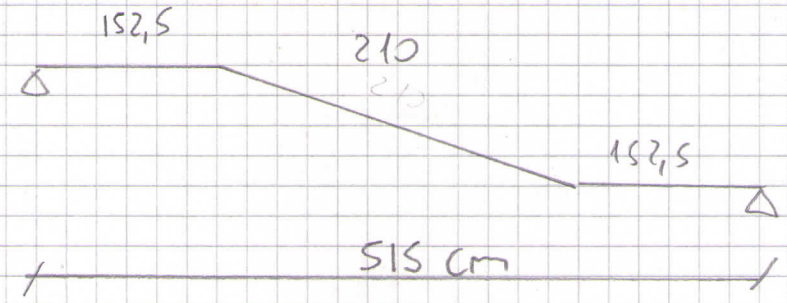


Sul pianerottolo applico $m t_2/2 = 20,27$

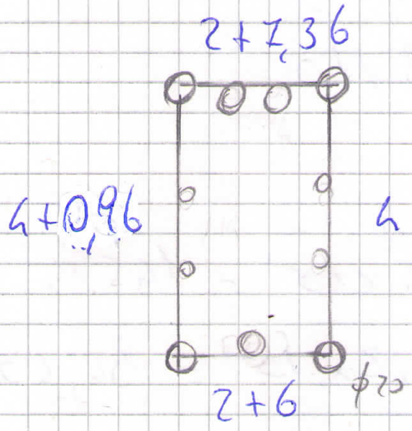


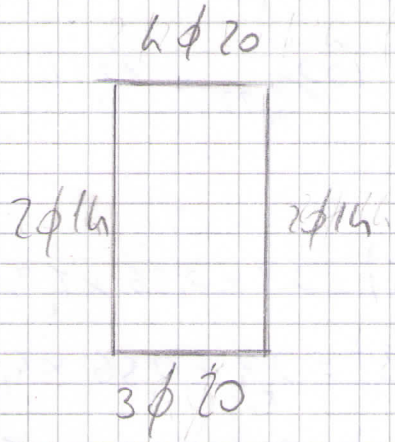


Soletta rampante e trave di bordo



Progetto sezione trave e ginocchio





$A^T_{lon/s} = 12,38 \text{ cm}^2$

$A_s = 7,36$ (superiormente)

$A_s = 6$ (inferiormente)

$A^T_{st/s} = 2,21 \text{ cm}^2$

$$n\phi 8 = \frac{2,21}{0,5} = 4,42$$

$A^V_{st/s} = 3,80 \text{ cm}^2$

$$n\phi 8 = \frac{3,80}{1} = 3,80$$

$A^V = 1,92 \text{ cm}^2$
ferri di parete

$u_K = 140 \qquad b_K = 20 \qquad h_K = 50$

$$\frac{20}{140} = 0,14 \rightarrow 2.0 \text{ cm}^2$$

$$\frac{40}{140} = 0,28 \rightarrow 4.0 \text{ cm}^2$$

Staffe di sopra

$4,42 + 3,80 = 8,22$

$S = 100/8,22 = 12,16$ $\quad \phi 8 / 10$

$M_{Rd}(7,36) = 0,9 \times 0,56 \times 7,36 \times 391,3 \times 10^{-1} = 145,15$ kNm

$M_{Rd}(4,28) = 0,9 \times 0,56 \times 4,28 \times 391,3 \times 10^{-1} = 84,40$ kNm

$M_{Rd}(7,42) = 0,9 \times 0,56 \times 7,42 \times 391,3 \times 10^{-1} = 146,33$ kNm

Progetto a torsione

TRAVE A GINOCCHIO

$$T_{rd,max}= 2A_k t f'_{cd} \cot\theta/(1+\cot^2\theta)$$

Ipotizziamo un valote di cotθ= 2 e cerchiamo l'aria necessaria A_k

$$A_k= [(1+\cot^2\theta)/\cot\theta] [T_{ed}/2\, tf'_{cd}]$$

cotθ=	2	
t=2c=	0,08	m
T_{ed}=	34,6	kNm
f'_{cd}=	7,1	Mpa

A_k= 761,44 cm^2

b_k= h-2c=	22	cm
$h_k=A_k/b_k$=	34,61	cm
h= h_k+t=	42,61	cm

30x50 (le travi emergenti sono 30x60, mantengo tale dimensione)

Definita la sezione calcoliamo il valore di t

t=A/u=	10	
A_k=	1000	cm^2
$T_{rd,max}$=	355	kNm

u_k = 140 cm

Verifica a taglio e torsione

$$V_{rd,max}= 0{,}9d\, b_w f'_{cd} \cot\theta/(1+\cot^2\theta)$$

0,9d=	50,40	cm
b_w=	30	cm
$V_{rd,max}$=	2683,08	kN
V_{ed}=	150	kN

$(V_{Ed}/V_{rd,max}) + (T_{ed}/T_{rd,max})$ = 0,15 < 1 ok!

Armatura a torsione

$$A^T_{st}/s = T_{ed}/(2A_k f_{yd} \cot\theta)$$

A^T_{st}/s = 2,21 cm^2

nØ8= 4,42

$$A^T_{lon}/s = (T_{ed}\, u_k \cot\theta)/(2A_k f_{yd})$$

A^T_{lon}/s = 12,38 cm^2

Armatura a taglio e flessione

A_s= 7,36 cm^2

$$A^v_{st}/s = V_{ed}/(0{,}9d\, f_{yd} \cot\theta)$$

A^v_{st}/s = 3,80 cm^2

nØ8= 3,80

Staffe totali 8,22 s= 100/8,22= 12,16 Ø8/10

Progetto a torsione

TRAVE DI PIANO

$$T_{rd,max}= 2A_k t f'_{cd} \cot\theta/(1+\cot^2\theta)$$

Ipotizziamo un valote di cotθ= 2 e cerchiamo l'aria necessaria A_k

$$A_k= [(1+\cot^2\theta)/\cot\theta] [T_{ed}/2\, tf'_{cd}]$$

cotθ=	2				
t=2c=	0,08	m			
T_{ed}=	8	kNm			
f'_{cd}=	7,1	Mpa			
			A_k=	176,06	cm^2
b_k= h-2c=	22	cm			
$h_k=A_k/b_k$=	8,00	cm			
h= h_k+t=	16,00	cm	30x30 (le travi emergenti sono 30x60, mantengo tale dimensione)		

Definita la sezione calcoliamo il valore di t

t=A/u=	10				
A_k=	1000	cm^2	u_k =	140	cm
$T_{rd,max}$=	355	kNm			

Verifica a taglio e torsione

$$V_{rd,max}= 0{,}9d\, b_w f'_{cd} \cot\theta/(1+\cot^2\theta)$$

0,9d=	50,40	cm
b_w=	30	cm
$V_{rd,max}$=	2683,08	kN
V_{ed}=	204	kN

$$(V_{Ed}/V_{rd,max}) + (T_{ed}/T_{rd,max}) = 0{,}10 < 1 \quad \text{ok!}$$

Armatura a torsione

$$A^T_{st}/s = T_{ed}/(2A_k f_{yd} \cot\theta)$$

A^T_{st}/s = 0,51 cm^2

nØ8= 1,02

$$A^T_{lon}/s = (T_{ed}\, u_k \cot\theta)/(2A_k f_{yd})$$

A^T_{lon}/s = 2,86 cm^2

Nella trave di piano aggiungo 1Ø14 su ogni lato lungo della seconda campata.

Armatura a taglio

$$A^v_{st}/s = V_{ed}/(0{,}9d\, f_{yd} \cot\theta)$$

A^v_{st}/s = 5,17 cm^2

nØ8= 5,17

Staffe totali 6,19 s= 100/6,19= 16,14 Ø8/15

Gradini trave a ginocchio

Carico sul gradino:

$$Q = (g_d + q_d)\ p \cos\alpha$$

con

p= 30 cm

α= 29°

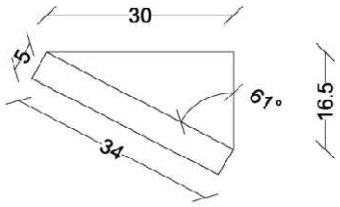
Q= 3,12 kN/m

Schema a mensola con l=1,30 m

$M_{ed} = Ql^2/2$= 2,64 kNm

$V_{ed} = Ql$= 4,06 kN

Controllo momento e taglio resistente del gradino



b= 34 cm

d= (16,5-2)sin61 + 5 = 17,62 cm

r'= 0,0197

$M_{rd} = bd^2/r'^2$= 27,20 kNm

M_{ed}= 2,64 < 27,20 kNm ok!

$V_{rd,c} = 0{,}035\ (k^3 f_{ck})^{1/2}\ b_w d$ 14,83 kN

Con k= 2

V_{ed}= 4,06 < 14,83 kN ok!

Armatura a flessione del gradino:

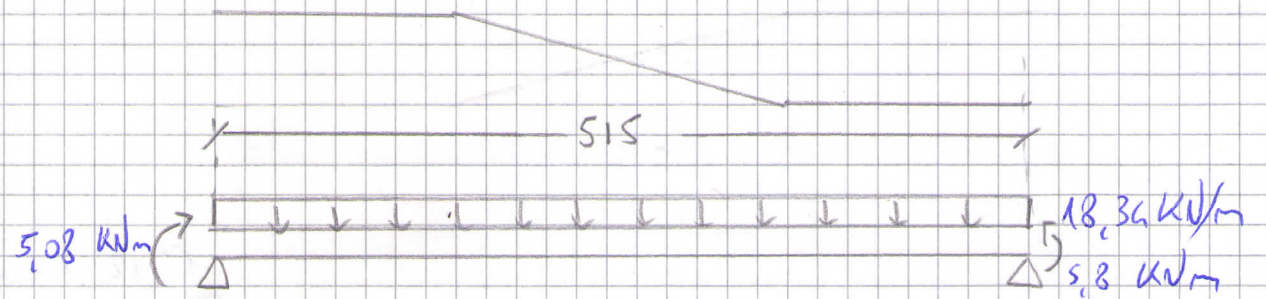
$$A_s = M_{ed}/0{,}9df_{yd}$$

As= 0,43 cm^2

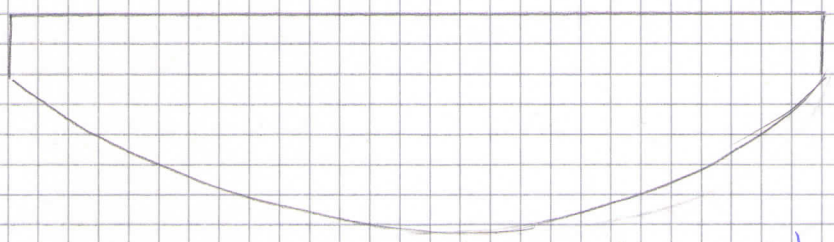
Utilizzo 1Ø10 con A=0,78 cm^2

Soletta rampante

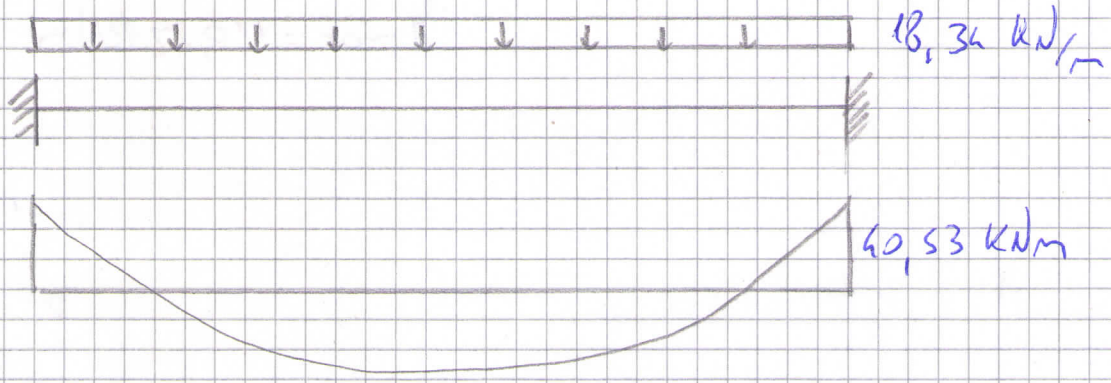
Modelli di calcolo



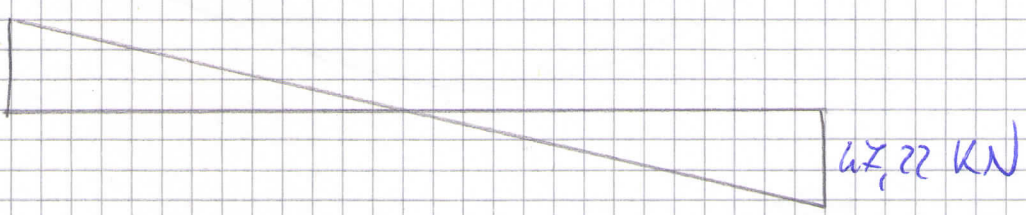
M



$M_{max} = 65,87$ kNm

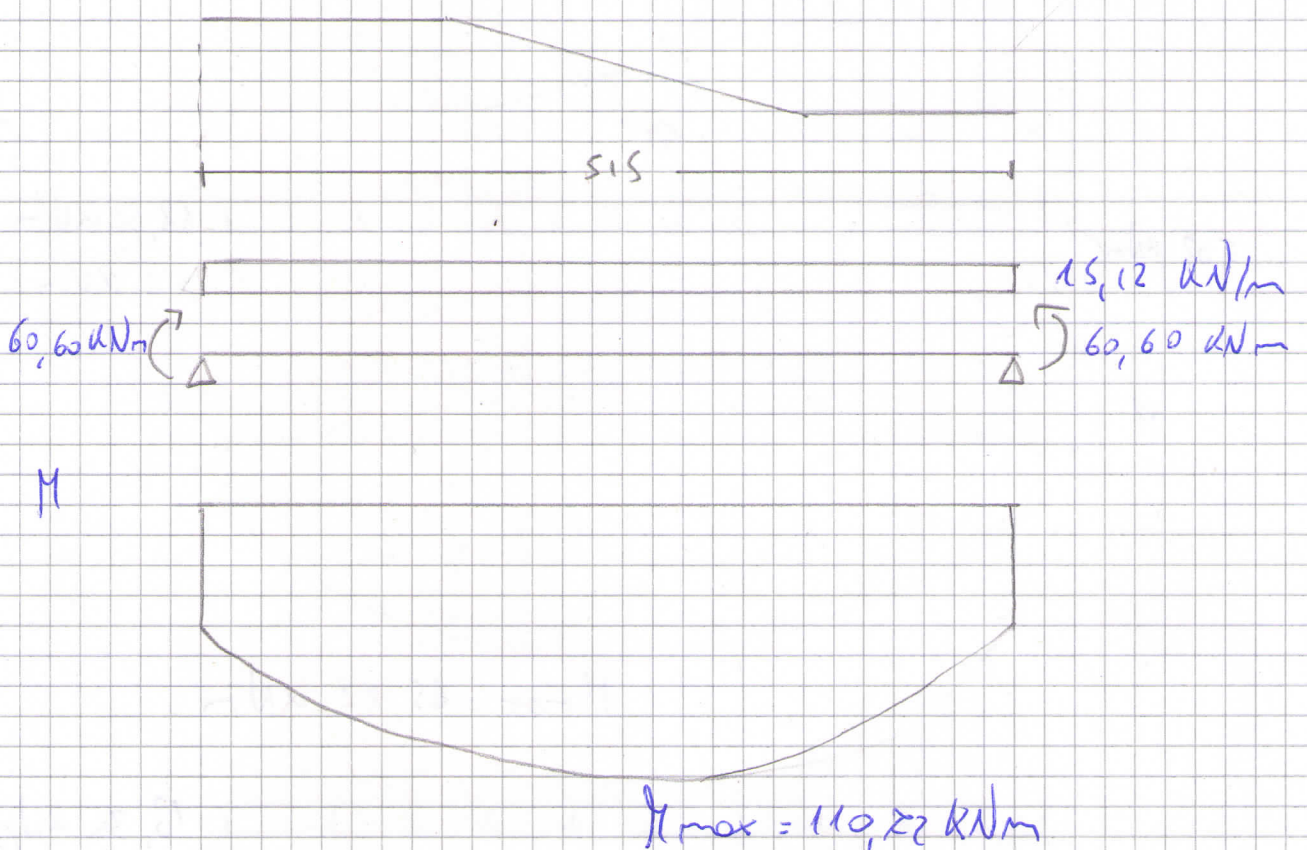


T



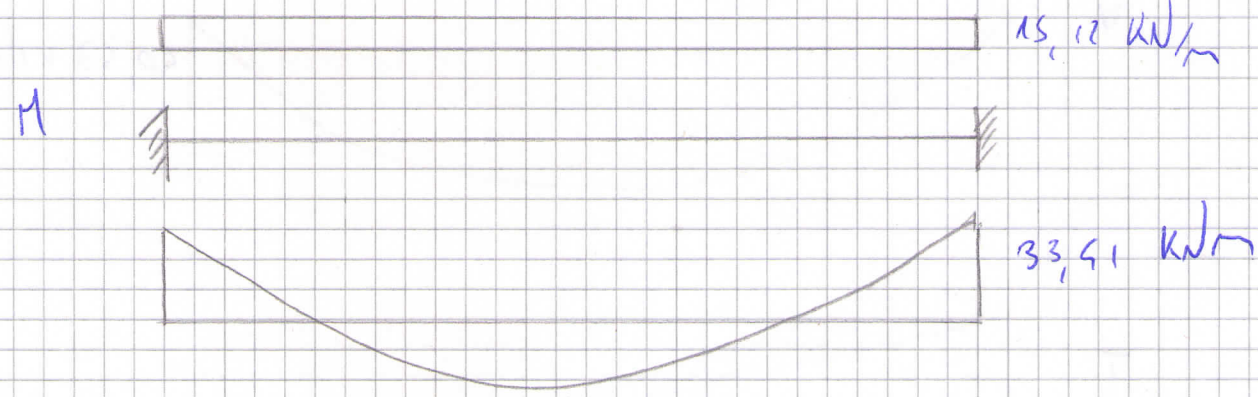
Trave di testata

Modelli di calcolo

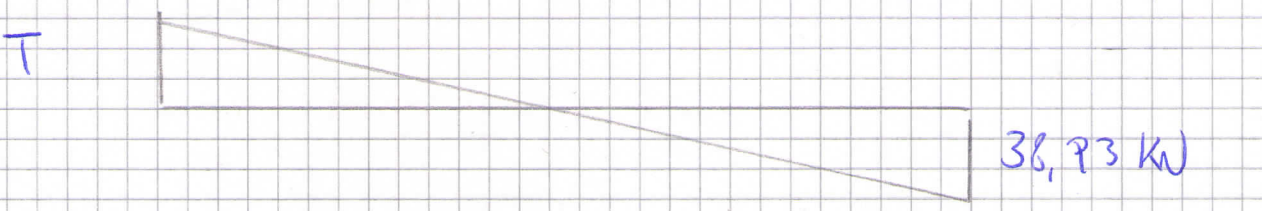


M

$M_{max} = 110,22$ kNm



M



T

Soletta rampante

Schema di calcolo per la soletta rampante:
Trave ad asse rettilineo risolta con appoggi ed incastri agli estremi. L=515 cm
Carico sulla trave:

$$Q= (g_d+q_d)\ b_r$$

con b_r= 1,3 m

Q= 18,34 kN/m

Trave apppggiata - appoggiata:

$M_{ed}= QL^2/8$= 60,80 kNm

$V_{ed}= Ql/2$= 47,22 kN

La trave è soggetta anche a due coppie agli estremi che valgono:

$$M= T^1_{max}/b_p$$

Con:

T_{max}= 6,6 kNm

b_p= 1,30 m

M= 5,08 kNm

Dunque $M_{Ed,max}$= 65,87 kNm Momento massimo in mezzeria

Trave incastrata - incastrata

$M_{ed}= QL^2/12$= 40,53 kNm Momento massimo agli estremi

Controllo momento resistente della sezione in cls

Momento positivo

b= 1,30 m
d= 0,20 m
r'= 0,0197

$M_{rd} = bd^2/r'^2$= 133,99 kNm

65,87 < 133,99 kNm ok!

Momento negativo

b= 0,50 m
d= 0,20 m
r'= 0,0197

$M_{rd} = bd^2/r'^2$= 51,53 kNm

40,53 < 51,53 kNm ok!

Armtaura a flessione

Armatura inferiore					
Campata	M_{ed} (kNm)	d (m)	A_s (cm^2)	As a travetto	Barre a travetto
1	67,90	0,20	9,64	3,21	3Ø14

Armatura superiore					
Appoggi	M_{ed} (kNm)	d (m)	A_s (cm^2)	As a travetto	Barre a travetto
1	40,53	0,20	5,75	1,92	2Ø14

M_{Rd} (1Ø14)= 32,54 kNm

Verifica a taglio

$$V_{rd,c} = 0{,}035\ \sqrt{(k^3 f_{ck})}\ b_w d$$

$$V_{rd,c} = 0{,}18\ k\ (\sqrt[3]{(100\ \rho_l\ f_{ck})/1{,}5})\ b_w d$$

Il valore del taglio è il maggiore tra i due, con:

k= $1+\sqrt{(200/d)}$ 2

ρ_l= A_s/bd = 0,003554

b_w= 130 cm

d= 20 cm

$0{,}035\ \sqrt{(k^3 f_{ck})}$= 0,49

$0{,}18\ k\ \sqrt[3]{(100\ \rho_l\ f_{ck})/1{,}5)}$= 0,50

Dunque dalla seconda formula:

$V_{rd,c}$ = 129,24 kN

V_{Ed} = 47,22 < 129,24 kN ok!

Trave di testata

Schema di calcolo per la trave di testata:
Trave ad asse rettilineo risolta con appoggi ed incastri agli estremi. L=515 cm
Carico sulla trave: tamponatura, peso proprio ed una striscia di soletta rampante di 50 cm

Q= 15,12 kN/m

Trave apppggiata - appoggiata:

$M_{ed}= QL^2/8=$ 50,12 kNm

$V_{ed}= Ql/2=$ 38,93 kN

La trave è soggetta anche a due coppie agli estremi che valgono:

$M= T^2_{max}$

Con:

$T^2_{max}=$ 60,60 kNm

M= 60,60 kNm

Dunque $M_{Ed,max}=$ 110,72 kNm Momento massimo in mezzeria

Trave incastrata - incastrata

$M_{ed}= QL^2/12=$ 33,41 kNm Momento massimo agli estremi

Controllo momento resistente della sezione in cls

b= 0,30 m
d= 0,56 m
r'= 0,0197

$M_{rd} = bd^2/r'^2=$ 242,42 kNm

110,72 < 242,42 kNm ok!

Armtaura a flessione

Armatura inferiore				
Campata	M_{ed} (kNm)	d (m)	A_s (cm^2)	Barre
1	110,72	0,56	5,61	2Ø20

Armatura superiore				
Appoggi	M_{ed} (kNm)	d (m)	A_s (cm^2)	Barre
1	33,41	0,56	1,69	2Ø14

M_{Rd} (1Ø14)= 30,37 kNm

M_{Rd} (1Ø20)= 61,93 kNm

Verifica a taglio

$$V_{rd,max} = 0{,}9d\ b_w f'_{cd}\ \cot\theta/(1+\cot^2\theta)$$

0,9d=	50,40	cm
b_w=	30	cm
cotθ=	2	

$V_{rd,max}$= 2683,8 kN

V_{Ed} = 39,93 < 2683,8 kN

Progetto staffe

$$A^v_{st}/s = V_{ed}/(0{,}9d\ f_{yd}\cot\theta)$$

A^v_{st}/s = 0,99 cm^2 Ø8/25

Verifica a fessurazione

La verifica verrà effettuata nella seconda campata della trave 103 dove è presente un momento sollecitante pari a:

M_{ed}= 221,09 kN

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

per combinazione frequente apertura fessure ≤ w_3= 0,4 mm

per combinazione quasi permanente apertura fessure ≤ w_2= 0,3 mm

Distanza massima tra le fessure:

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

con:

K_1=	0,8	barre ad aderenza migliorata
K_2=	0,5	flessione
k_3=	3,4	
k_4=	0,425	
r=	30	mm
Ø=	20	mm

Sezione trave 30x60

b=	30	cm
c=	4	cm
A_s=	12,56	cm^2

$$A_{c,eff}= 2,5\ c\ b=$$

$A_{c,eff}$= 300 cm^2

$$\rho_{eff}= A_s/A_{c,eff}$$

ρ_{eff}= 0,04

$S_{r,max}$= 183,21 mm

Per la combinazione di carico quasi permanente il carico verrà valutato nel seguento modo:

$G_k + \Psi_2 Q_k$

Ψ_2= 0,3 (categoria A)

Per la combinazione di carico frequente il carico verrà valutato nel seguento modo:

$G_k + \Psi_1 Q_k$

Ψ_1= 0,5 (categoria A)

Combinazione di carico quasi permanente

Campata 10-11	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_2 Q_k$ (kN/m)	
Solaio (appartamenti)	5,88	27,46	5,64	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_2 Q_k$
	Tot.	30,97	5,64	36,61

Campata 9-10				
I tratto	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_2 Q_k$ (kN/m)	
Solaio (appartamenti)	2,325	10,86	2,23	
Tamponatura	-	5,00	-	
Solaio (vano scala)	2,575	9,50	3,09	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_2 Q_k$
	Tot.	28,87	5,32	34,19

II tratto	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_2 Q_k$ (kN/m)	
Solaio (appartamenti)	2,325	10,86	2,23	
Tamponatura	-	5,00	-	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_2 Q_k$
	Tot.	19,37	2,23	21,60

III tratto	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_2 Q_k$ (kN/m)	
Gradini	1,3	5,97	1,20	
Tamponatura	-	5,00	-	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_2 Q_k$
	Tot.	14,48	1,20	15,68

IV tratto	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_2 Q_k$ (kN/m)	
Soleta rampante	2,575	16,06	3,09	
Tamponatura	-	5,00	-	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_2 Q_k$
	Tot.	24,57	3,09	27,66

Momento massimo nella combinazione quasi permanente:

M_{max}= 113,63 kNm

$$\sigma_{s2} = M/(0{,}9\ d\ A_s)$$

σ_{s2}= 179,50 Mpa

$$\varepsilon_{s2} = \sigma_{s2}/E_s$$

ε_{s2}= 0,000898

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

con k_t = 0,4 per carichi di lunga durata

$\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}$= 0,000743

Da normativa: $\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm} \geq 0{,}6\ \varepsilon_{s2}$

0,6 ε_{s2}= 0,000539

Dunque: $w_k = S_{r,max}\ (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$

w_k= 0,14

0,14 < 0,30 mm ok!

Combinazione di carico frequente

Campata 10-11	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_1 Q_k$ (kN/m)	
Solaio (appartamenti)	5,88	27,46	9,41	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_1 Q_k$
	Tot.	30,97	9,41	40,38

Campata 9-10				
I tratto	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_1 Q_k$ (kN/m)	
Solaio (appartamenti)	2,325	10,86	3,72	
Tamponatura	-	5,00	-	
Solaio (vano scala)	2,575	9,50	5,15	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_1 Q_k$
	Tot.	28,87	8,87	37,74

II tratto	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_1 Q_k$ (kN/m)	
Solaio (appartamenti)	2,325	10,86	3,72	
Tamponatura	-	5,00	-	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_1 Q_k$
	Tot.	19,37	3,72	23,09

III tratto	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_1 Q_k$ (kN/m)	
Gradini	1,3	5,97	2,00	
Tamponatura	-	5,00	-	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_1 Q_k$
	Tot.	14,48	2,00	16,48

IV tratto	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_1 Q_k$ (kN/m)	
Soleta rampante	2,575	16,06	5,15	
Tamponatura	-	5,00	-	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_1 Q_k$
	Tot.	24,57	5,15	29,72

Momento massimo nella combinazione quasi permanente:

M_{max}= 122,20 kNm

$$\sigma_{s2} = M/(0{,}9\ d\ A_s)$$

σ_{s2}= 193,04 Mpa

$$\varepsilon_{s2} = \sigma_{s2}/E_s$$

ε_{s2}= 0,000965

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

con k_t = 0,4 per carichi di lunga durata

$\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}$= 0,00081

Da normativa: $\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm} \geq 0{,}6\ \varepsilon_{s2}$

0,6 ε_{s2}= 0,000579

Dunque: $w_k = S_{r,max}\ (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$

w_k= 0,15

0,15 < 0,40 mm ok!

Verifica a fessurazione senza calcolo diretto

1ª CONDIZIONE

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

$A_{s,min} = 0{,}26\ (f_{ctm}/f_{yk})\ bd$

$A_{s,min} =$ 2,48 cm^2

$A_s =$ 12,56 $cm^2 >$ 2,48 cm^2 ok!

2ª CONDIZIONE (DIAMETRO MASSIMO DELLE BARRE)

Diametri massimi delle barre ϕ^*_s per il controllo della fessurazione[1)]

Tensione nell'acciaio[2)] [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm] w_k = 0,4 mm	w_k = 0,3 mm	w_k = 0,2 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	-

$\sigma_{s2} =$ 179,50 Mpa

per combinazione quasi permanente apertura fessure ≤ w_2=0,3 mm

$Ø^*_s =$ 29 mm

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

$f_{ct,eff} = f_{ctm} =$ 2,56 Mpa

$h_{cr} = h/2 =$ 30 cm

$k_c =$ 0,4

$Ø_s =$ 38,40 mm

Ø20 < 38,40 mm ok!

3ª CONDIZIONE (SPAZIATURA MASSIMA DELLE BARRE) (non necessaria)

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione[1)]

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

$\sigma_{s2} =$ 179,50 Mpa

La spaziatura massima tra le barre è circa 270 mm, avendo utilizzato una distanta massima di circa 67 mm la verifica è più che soddisfatta.

Verifica di deformabilità

Verifico l'ultima campata del solaio 153

M_{Ed}=	50,19	kNm
A_s=	3,08	cm^2
A'_s=	0	cm^2

Rapporto luce-altezza:

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

Con:

k=	1,3	Per campate terminali di travi continue
ρ=	A_s/bd =	0,010538
$A_{s,calc}$=	2,74	cm^2
L=	700	cm
h=	30	cm
L/h=	23,33	

23,33 ≤ 23,64 ok!

Verifica tensioni in esercizio

La verifica verrà effettuata in corrispondenza del secondo appoggio della trave 103 dove è presente un momento sollecitante negativo pari a:

M_{ed}= -271,85 kN

Per la combinazione di carico quasi permanente il carico verrà valutato nel seguento modo:

$G_k + \Psi_2 Q_k$

Ψ_2= 0,3 (categoria A)

Per la combinazione di carico rara il carico verrà valutato nel seguento modo:

$G_k + \Psi_0 Q_k$

Ψ_0= 0,7 (categoria A)

Combinazione di carico quasi permanente

Momento negativo nella combinazione quasi permanente:

M_{max}= -148,79 kNm

Trave (campata 10 -11)

b=	30	cm	n=	15	
h=	60	cm	A_s=	14,1	cm^2
d=	56	cm	A'_s=	7,82	cm^2
c=	4	cm	0,45 f_{ck}=	11,25	Mpa

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

x= 19,72 cm

$$I_n= bx^3/3 + nA_s (d-x)^2 + nA'_s (x-c)^2$$

I_n= 384058,2 cm^4

$$\sigma_{c,max}= - (M/I_n)\, x$$

$\sigma_{c,max}$= -7,64 Mpa

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45\, f_{ck}$$

- 7,54 < 11,25 Mpa ok!

Trave (campata 9 -10)

b=	30	cm	n=	15	
h=	60	cm	A_s=	14,1	cm^2
d=	56	cm	A'_s=	12,56	cm^2
c=	4	cm	0,45 f_{ck}=	11,25	Mpa

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

x= 18,57 cm

$$I_n= bx^3/3 + nA_s (d-x)^2 + nA'_s (x-c)^2$$

I_n= 400344,7 cm^4

$$\sigma_{c,max}= - (M/I_n)\, x$$

$\sigma_{c,max}$= -6,90 Mpa

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45\, f_{ck}$$

- 6,90 < 11,25 Mpa ok!

Combinazione di carico rara

Campata 10-11	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_0 Q_k$ (kN/m)	
Solaio (appartamenti)	5,88	27,46	13,17	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_0 Q_k$
	Tot.	30,97	13,17	44,14

Campata 9-10				
I tratto	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_0 Q_k$ (kN/m)	
Solaio (appartamenti)	2,325	10,86	5,21	
Tamponatura	-	5,00	-	
Solaio (vano scala)	2,575	9,50	7,21	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_0 Q_k$
	Tot.	28,87	12,42	41,29

II tratto	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_0 Q_k$ (kN/m)	
Solaio (appartamenti)	2,325	10,86	5,21	
Tamponatura	-	5,00	-	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_0 Q_k$
	Tot.	19,37	5,21	24,58

III tratto	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_0 Q_k$ (kN/m)	
Gradini	1,3	5,97	2,80	
Tamponatura	-	5,00	-	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_0 Q_k$
	Tot.	14,48	2,80	17,28

IV tratto	Li (m)	G_k (kN/m)	$\Psi_0 Q_k$ (kN/m)	
Soleta rampante	2,575	16,06	7,21	
Tamponatura	-	5,00	-	
Peso proprio trave	-	3,51	-	$G_k + \Psi_0 Q_k$
	Tot.	24,57	7,21	31,78

Momento negativo nella combinazione quasi permanente:

M_{max}= -176,49 kNm

Trave (campata 10 -11)

b=	30	cm	n=	15	
h=	60	cm	A_s=	14,1	cm^2
d=	56	cm	A'_s=	7,82	cm^2
c=	4	cm	0,6 f_{ck}=	15	Mpa
			0,8 f_{yk}=	360	Mpa

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

x= 19,72 cm

$$I_n = bx^3/3 + nA_s (d-x)^2 + nA'_s (x-c)^2$$

I_n= 384058,2 cm^4

$\sigma_{c,max} = -(M/I_n)\,x$

$\sigma_{c,max} =$ -9,06 Mpa

$\sigma_{c,max} \leq 0{,}6\, f_{ck}$

- 9,06 < 15 Mpa ok!

$\sigma_{s,sup} = nM(d-x)/I_n$

$\sigma_{s,sup} =$ 250,11 Mpa

$\sigma_{s,sup} \leq 0{,}8\, f_{yk}$

250,11 < 360 Mpa ok!

Trave (campata 9 -10)

b=	30	cm	n=	15	
h=	60	cm	A_s=	14,1	cm^2
d=	56	cm	A'_s=	12,56	cm^2
c=	4	cm	$0{,}6\, f_{ck}$=	15	Mpa
			$0{,}8\, f_{yk}$=	360	Mpa

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

x= 18,57 cm

$I_n = bx^3/3 + nA_s\,(d-x)^2 + nA'_s\,(x-c)^2$

$I_n =$ 400344,7 cm^4

$\sigma_{c,max} = -(M/I_n)\,x$

$\sigma_{c,max} =$ -8,19 Mpa

$\sigma_{c,max} \leq 0{,}45\, f_{ck}$

- 8,19 < 15 Mpa ok!

$\sigma_{s,sup} = nM(d-x)/I_n$

$\sigma_{s,sup} =$ 247,52 Mpa

$\sigma_{s,sup} \leq 0{,}8\, f_{yk}$

241,52 < 360 Mpa ok!