

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



### INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

**LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA      Tratta MILANO – VERONA**  
**Lotto funzionale Brescia-Verona**

### PROGETTO ESECUTIVO

**RI61 – RILEVATO LINEA AC DA PK 148+399,891 A PK 150+780,229**

**IN50Q03 – MURI AD “U” DA PK 149+847,855 A PK 150+211,776**

### RELAZIONE DI CALCOLO

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio <b>Cepav due</b>  <i>Consorzio Cepav due          Il Direttore del Consorzio          (Ing. T. Taranta)</i>  Data: _____	Valido per costruzione    Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	C L	R I 6 1 0 2	0 0 2	A

PROGETTAZIONE						ALBO PROVINCIALE INGEGNERI VERONA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	
A	Emissione	GUILARTE	16/11/18	AIELLO	16/11/18	16/11/18	
B							
C							



CIG. 751447334A      File: INOR11EE2CLRI6102002A\_01.docx



CUP: F81H9100000008

**INDICE**

1.	INTRODUZIONE .....	10
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	12
3.	CRITERI DI CALCOLO .....	13
3.1.	CRITERI DI ANALISI .....	13
3.2.	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI NELLA SOLETTA DI FONDAZIONE .....	13
3.2.1.	<i>Modello di Winkler</i> .....	13
3.2.2.	<i>Soluzione per carico verticale all'estremità</i> .....	14
3.2.3.	<i>Soluzione per momento flettente all'estremità</i> .....	14
3.3.	CRITERI E DEFINIZIONE DELL' AZIONE SISMICA .....	15
3.4.	COMBINAZIONI DI CARICO .....	19
3.4.1.	<i>Combinazioni per la verifica allo SLU</i> .....	19
3.4.2.	<i>Combinazioni per la verifica allo SLE</i> .....	19
4.	CRITERI DI VERIFICA .....	21
5.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	22
5.1.	CALCESTRUZZO PER MAGRONE .....	22
5.2.	CALCESTRUZZO .....	22
5.3.	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	23
5.4.	DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI .....	23
5.5.	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE .....	23
6.	PARAMETRI SISMICI .....	24
7.	PARAMETRI GEOTECNICI .....	25
8.	ANALISI STRUTTURALE .....	26
8.1.	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	26
8.2.	ANALISI DEI CARICHI .....	27
8.2.1.	<i>Peso proprio strutture (Load 1)</i> .....	27
8.2.2.	<i>Spinta del terreno (Load 2)</i> .....	27
8.2.3.	<i>Spinta dell'acqua (Load 3)</i> .....	28

8.2.4.	<i>Sovraccarico permanente non strutturale e accidentale in condizioni statiche e sismiche (Load 4)</i> .....	28
8.2.1.	<i>Azioni trasmesse dalla barriera antirumore (Load 5)</i> .....	30
8.2.2.	<i>Azioni sismiche (Load 6,7,8,9)</i> .....	31
9.	COMBINAZIONI DI CARICO .....	33
9.1.	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	33
9.2.	COMBINAZIONI SLU .....	34
9.3.	COMBINAZIONI SLV .....	34
9.4.	COMBINAZIONI SLE .....	35
10.	PIEDRITTI MURI “U” – TRATTO 1 – SP = 40CM .....	36
10.1.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	36
10.2.	PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI .....	36
10.3.	RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO .....	37
10.4.	RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO .....	37
10.4.1.	<i>Combinazioni SLU – SLV</i> .....	37
10.4.2.	<i>Combinazioni SLE</i> .....	38
10.5.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV .....	38
10.5.1.	<i>Piedritti</i> .....	38
10.6.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....	39
10.6.1.	<i>Piedritti</i> .....	39
10.7.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....	40
10.7.1.	<i>Piedritto</i> .....	40
10.7.1.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	41
10.7.1.2.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	42
10.7.1.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	43
11.	PIEDRITTI MURI “U” – TRATTO 2 – SP = 70CM .....	44
11.1.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	44
11.2.	PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI .....	44
11.3.	RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO .....	45
11.1.	RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO .....	45

11.1.1. Combinazioni SLU – SLV .....	45
11.1.2. Combinazioni SLE .....	46
11.2. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV .....	46
11.2.1. Piedritti.....	46
11.3. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....	47
11.3.1. Piedritti.....	47
11.4. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....	48
11.4.1. Piedritto .....	48
11.4.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	49
11.4.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	50
11.4.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	51
12. PIEDRITTI MURI “U” – TRATTO 3 – SP = 110CM .....	52
12.1. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	52
12.2. PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI .....	52
12.3. RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO (IN ASSE SOLETTA).....	53
12.4. RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO .....	53
12.4.1. Combinazioni SLU – SLV .....	53
12.4.2. Combinazioni SLE .....	54
12.5. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV .....	54
12.5.1. Piedritti.....	54
12.6. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....	55
12.6.1. Piedritti.....	55
12.7. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....	56
12.7.1. Piedritto .....	56
12.7.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	57
12.7.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	58
12.7.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	59
13. MURO AD “U” - TIPOLOGIA 1 – H = 9.00M .....	60
13.1. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	60
13.2. PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI .....	61

13.3.	RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO (IN ASSE SOLETTA) .....	62
13.4.	RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO .....	63
13.4.1.	<i>Combinazioni SLU – SLV</i> .....	63
13.4.2.	<i>Combinazioni SLE</i> .....	63
13.5.	RIASSUNTO MASSIME SOLLECITAZIONI SOLETTA .....	64
13.5.1.	<i>Combinazioni SLU - SLV</i> .....	64
13.5.2.	<i>Combinazioni SLE</i> .....	64
13.6.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV .....	65
13.6.1.	<i>Piedritti</i> .....	65
13.6.2.	<i>Soletta</i> .....	66
13.7.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....	67
13.7.1.	<i>Piedritti</i> .....	67
13.7.2.	<i>Soletta</i> .....	67
13.8.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....	68
13.8.1.	<i>Soletta – nodo piedritto</i> .....	68
13.8.1.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	69
13.8.1.2.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	70
13.8.1.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	71
13.8.1.	<i>Soletta – sezione a 150cm da filo piedritto</i> .....	72
13.8.1.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	73
13.8.1.2.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	74
13.8.2.	<i>Soletta – sezione a 400cm da filo piedritto</i> .....	75
13.8.2.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	76
13.8.2.2.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	77
13.8.3.	<i>Piedritto</i> .....	78
13.8.3.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	79
13.8.3.2.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	80
13.8.3.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	81
14.	MURO AD “U” - TIPOLOGIA 2 – H = 10.00M .....	82
14.1.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	82
14.2.	PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI .....	83

14.3.	RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO (IN ASSE SOLETTA) .....	84
14.4.	RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO .....	85
14.4.1.	<i>Combinazioni SLU – SLV</i> .....	85
14.4.2.	<i>Combinazioni SLE</i> .....	85
14.5.	RIASSUNTO MASSIME SOLLECITAZIONI SOLETTA .....	86
14.5.1.	<i>Combinazioni SLU - SLV</i> .....	86
14.5.1.	<i>Combinazioni SLE</i> .....	86
14.6.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV .....	87
14.6.1.	<i>Piedritti</i> .....	87
14.6.2.	<i>Soletta</i> .....	88
14.7.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....	89
14.7.1.	<i>Piedritti</i> .....	89
14.7.2.	<i>Soletta</i> .....	89
14.8.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....	90
14.8.1.	<i>Soletta – nodo piedritto</i> .....	90
14.8.1.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	91
14.8.1.2.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	92
14.8.1.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	93
14.8.2.	<i>Soletta – sezione a 150cm da filo piedritto</i> .....	94
14.8.2.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	95
14.8.2.2.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	96
14.8.3.	<i>Piedritto</i> .....	97
14.8.3.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	98
14.8.3.2.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	99
14.8.3.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	100
15.	MURO AD “U” - TIPOLOGIA 3 – H = 11.00M .....	101
15.1.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	101
15.2.	PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI .....	102
15.3.	RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO (IN ASSE SOLETTA) .....	103
15.4.	RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO .....	104
15.4.1.	<i>Combinazioni SLU – SLV</i> .....	104

15.4.2. Combinazioni SLE .....	104
15.5. RIASSUNTO MASSIME SOLLECITAZIONI SOLETTA .....	105
15.5.1. Combinazioni SLU - SLV.....	105
15.5.2. Combinazioni SLE .....	105
15.6. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV .....	106
15.6.1. Piedritti.....	106
15.6.2. Soletta.....	107
15.7. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....	108
15.7.1. Piedritti.....	108
15.7.2. Soletta.....	108
15.8. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....	109
15.8.1. Soletta – nodo piedritto.....	109
15.8.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	110
15.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	111
15.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio .....	112
15.8.2. Soletta – sezione a 200cm da filo piedritto.....	113
15.8.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	114
15.8.2.2. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	115
15.8.3. Soletta – sezione a 400cm da filo piedritto.....	116
15.8.3.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	117
15.8.3.2. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	118
15.8.4. Piedritto.....	119
15.8.4.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	120
15.8.4.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	121
15.8.4.3. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	122
16. MURO AD “U” - TIPOLOGIA 4 – H = 11.75M .....	123
16.1. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	123
16.2. PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI .....	124
16.3. RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO (IN ASSE SOLETTA).....	125
16.4. RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO .....	126
16.4.1. Combinazioni SLU – SLV .....	126

16.4.2. Combinazioni SLE .....	126
16.5. RIASSUNTO MASSIME SOLLECITAZIONI SOLETTA .....	127
16.5.1. Combinazioni SLU - SLV.....	127
16.5.2. Combinazioni SLE .....	127
16.6. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV .....	128
16.6.1. Piedritti.....	128
16.6.2. Soletta.....	129
16.7. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....	130
16.7.1. Piedritti.....	130
16.7.2. Soletta.....	130
16.8. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....	131
16.8.1. Soletta – nodo piedritto.....	131
16.8.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	132
16.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	133
16.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio .....	134
16.8.2. Soletta – sezione a 250cm da filo piedritto.....	135
16.8.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	136
16.8.2.2. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	137
16.8.3. Soletta – sezione a 450cm da filo piedritto.....	138
16.8.3.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	139
16.8.3.2. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	140
16.8.4. Piedritto.....	141
16.8.4.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	142
16.8.4.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	143
16.8.4.3. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	144
17. CORDOLI DI TESTA .....	145
17.1. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	145
17.1.1. Pressioni del terreno.....	145
17.1.2. Sovraccarichi accidentali .....	145
17.1.3. Azione sismica .....	145
17.2. COMBINAZIONE DEI CARICHI .....	146

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 CL RI61 02 002Rev.  
AFoglio  
9 di 157

17.3.	AZIONI SOLLECITANTI.....	147
17.3.1.1.	Azioni elementari.....	147
17.3.1.2.	Azioni di calcolo.....	147
17.4.	VERIFICHE STRUTTURALI.....	148
17.4.1.	Fascia a 6.00m da piano campagna.....	148
17.4.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	150
17.4.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio.....	151
17.4.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	152
17.4.2.	Fascia a 11.75m da piano campagna.....	153
17.4.2.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	154
17.4.2.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio.....	155
17.4.2.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	156
18.	RIFERIMENTI.....	157
18.1.	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	157
18.2.	DOCUMENTI CORRELATI.....	157
18.3.	DOCUMENTI SUPERATI.....	157

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione è relativa al calcolo dei muri a “U” facenti parte dell’opera denominata “RI61 – Rilevato linea AC da pk 148+399,891 a pk 150+780,229 – IN50026”, prevista nell’ambito dei lavori inerenti la linea A.V./A.C. TORINO – VENEZIA, tratta MILANO – VERONA, lotto funzionale Brescia – Verona, ubicati dalla pk 149+847,855 alla pk 150+211,776 della linea ferroviaria.

I muri ad U, a sostegno del rilevato ferroviario AV/AC, sono costituiti da 29 conci e si sviluppano dalla progressiva 149+847.855 alla progressiva 150+211.776.

I muri ad U hanno piedritti sagomati a gradoni, con paramento esterno verticale, aventi le seguenti dimensioni:

- fino ad h.80cm da testa muro – spessore 40cm;
- da h.80cm ad h. 250cm da testa muro – spessore 70cm;
- da h. 250cm ad h. 550cm da testa muri – spessore 110cm;
- da h. 550cm ad h.900 cm da testa muro – spessore 160cm;
- da h. 900cm ad h. 1000cm da testa muro – spessore 180cm (per muri aventi h. max. 1000cm);
- da h. 900cm ad h. 1175cm da testa muro – spessore 200cm (per muri aventi h. max. 1175cm);

### MURI AD U

(b=larghezza interna, L=lunghezza, h=altezza piedritto,  $S_p$ =spessore base piedritto,  $S_s$ =spessore fondazione)

	<b>b [m]</b>	<b>L [m]</b>	<b>h [m]</b>	<b><math>S_p</math> [m]</b>	<b><math>S_s</math> [m]</b>
<b>Concio 85</b>	12.20	12.10	8.51÷8.56	1.60	1.60
<b>Concio 86</b>	12.20	12.10	8.47÷8.52	1.60	1.60
<b>Concio 87</b>	12.20	12.18	8.57÷8.62	1.60	1.60
<b>Concio 88</b>	12.20	9.11	8.78÷8.81	1.60	1.60
<b>Concio 89</b>	12.20	12.10	9.87÷9.01	1.60	1.60
<b>Concio 90</b>	12.20	12.10	9.92÷9.87	1.60	1.60
<b>Concio 91</b>	11.60	12.10	9.08÷9.12	1.80	1.80
<b>Concio 92</b>	11.60	12.11	9.47÷9.51	1.80	1.80
<b>Concio 93</b>	11.60	12.11	9.43÷9.47	1.80	1.80
<b>Concio 94</b>	11.77	12.11	9.38÷9.43	1.80	1.80
<b>Concio 95</b>	11.77	12.11	9.77÷9.81	1.80	1.80
<b>Concio 96</b>	11.77	12.12	9.72÷9.77	1.80	1.80
<b>Concio 97</b>	11.77	12.12	9.68÷9.72	1.80	1.80
<b>Concio 98</b>	11.30÷11.27	12.12	10.04÷10.08	2.00	2.00
<b>Concio 99</b>	11.27÷11.25	12.12	9.99÷10.04	2.00	2.00
<b>Concio 100</b>	11.25÷11.22	12.12	9.95÷9.99	2.00	2.00
<b>Concio 101</b>	11.22÷11.20	12.12	10.28÷10.33	2.00	2.00
<b>Concio 102</b>	11.20÷11.17	12.12	10.24÷10.28	2.00	2.00

	<b>b [m]</b>	<b>L [m]</b>	<b>h [m]</b>	<b>S<sub>p</sub> [m]</b>	<b>S<sub>s</sub> [m]</b>
<b>Concio 103</b>	11.17÷11.15	12.12	10.19÷10.24	2.00	2.00
<b>Concio 104</b>	11.15÷11.12	12.12	10.52÷10.57	2.00	2.00
<b>Concio 105</b>	11.12÷11.10	12.12	10.48÷10.52	2.00	2.00
<b>Concio 106</b>	11.10÷11.07	12.12	10.43÷10.48	2.00	2.00
<b>Concio 107</b>	11.07÷11.05	12.12	10.81÷10.76	2.00	2.00
<b>Concio 108</b>	11.05÷11.02	12.12	10.72÷10.76	2.00	2.00
<b>Concio 109</b>	11.02÷11.00	12.12	10.67÷10.72	2.00	2.00
<b>Concio 110</b>	11.00	12.12	11.01÷11.05	2.00	2.00
<b>Concio 111</b>	11.00	12.11	10.96÷11.01	2.00	2.00
<b>Concio 112</b>	11.00	12.11	10.92÷10.96	2.00	2.00
<b>Concio 113</b>	11.00	12.11	11.72÷11.76	2.00	2.00

Le analisi strutturali vengono effettuate su strutture piane che descrivono una striscia larga 1.00m, secondo i criteri di calcolo di seguito descritti, ed individuando le sezioni di calcolo maggiormente significative per ciascuna tipologia di concio, denominate come segue:

- *Piedritto fino ad h. 80cm;*
- *Piedritto fino ad h. 250cm;*
- *Piedritto fino ad h. 550cm;*
- *Muro ad U tipo 1 – sp. fondazione S<sub>s</sub> = 1.60m, h max = 9.00m;*
- *Muro ad U tipo 2 – sp. fondazione S<sub>s</sub> = 1.80m, h max = 10.00m;*
- *Muro ad U tipo 3 – sp. fondazione S<sub>s</sub> = 2.00m, h max = 11.00m;*
- *Muro ad U tipo 4 – sp. fondazione S<sub>s</sub> = 2.00m, h max = 11.75m.*

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di un'opera di sostegno interrata, con applicazione della Normativa D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

L'opera, ubicata nel Comune di Sommacampagna (VR), ricade in zona sismica: verranno pertanto considerate anche le azioni derivanti dall'analisi sismica, secondo quanto previsto dal D.M. 14/01/08.

## 2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”;
- UNI EN 11104 luglio 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici”;
- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- RFI DTC SI MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 A Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

### 3. CRITERI DI CALCOLO

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

#### 3.1. Criteri di analisi

L'analisi viene svolta analiticamente valutando l'entità dei carichi sollecitanti i piedritti e determinando i valori di sollecitazione nelle sezioni di interesse.

Anche il calcolo delle sollecitazioni della fondazione viene eseguito in via analitica considerando la soletta come una trave su suolo alla Winkler con condizioni al contorno note.

#### 3.2. Calcolo delle sollecitazioni nella soletta di fondazione

Le sollecitazioni nella soletta di base sono dovute alle azioni scaricate al piede dei piedritti, costituite da:

- azione assiale;
- momento alla base dei piedritti.

La trave presenta una lunghezza  $L$  finita ed è vincolata solamente attraverso il suolo elastico.

Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato per sovrapposizione degli effetti dovuti alle sollecitazioni gravanti da entrambi i piedritti.

##### 3.2.1. Modello di Winkler

Il modello di Winkler schematizza il suolo con una relazione lineare fra il cedimento in un punto della superficie limite e la pressione agente nello stesso punto, indipendentemente da altri carichi applicati in punti diversi. Si assume, cioè:

$$p = k_w$$

dove  $k$  [ $FL^{-3}$ ] è detta "costante di sottofondo".

L'equazione differenziale che descrive il problema della trave di rigidezza  $E_r J$  su suolo elastico e assoggettata ad un carico distribuito  $q(x)$  è:

$$E_r J \frac{d^4 w}{dx^4} + k B w(x) = q(x)$$

La soluzione si ottiene sommando l'integrale generale dell'omogenea associata  $\{q(x)=0\}$  con l'integrale particolare relativo al carico  $q(x)$ . L'equazione omogenea associata si scrive:

$$E_r J \frac{d^4 w}{dx^4} + k B w(x) = 0$$

ed è nota come equazione "della trave elastica su suolo elastico".

La soluzione dell'equazione particolare viene tralasciata in quanto una trave alla Winkler soggetta ad un carico distribuito (come il peso proprio) presenta uno spostamento costante lungo il suo asse e non è soggetta a sollecitazioni di momento o taglio.

L'integrale generale della soluzione omogenea ha l'espressione:

$$w = e^{\frac{x}{\lambda}} \left( A \cos \frac{x}{\lambda} + B \sin \frac{x}{\lambda} \right) + e^{-\frac{x}{\lambda}} \left( C \cos \frac{x}{\lambda} + D \sin \frac{x}{\lambda} \right)$$

Nella quale

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{4E_f J}{kB}}$$

ha le dimensioni di una lunghezza ed è detta lunghezza caratteristica o lunghezza d'onda della trave, ed A, B, C e D sono costanti che vengono determinate imponendo le opportune condizioni al contorno.

Dall'equazione differenziale è possibile determinare l'andamento del momento e del taglio come:

$$M = -E_f J \frac{d^2 w}{dx^2}; \quad V = -E_f J \frac{d^3 w}{dx^3}$$

### 3.2.2. Soluzione per carico verticale all'estremità

La risoluzione della trave alla Winkler di lunghezza L, soggetta ad una sua estremità ad un carico verticale P perpendicolare al suo asse è stata effettuata imponendo le seguenti condizioni al contorno

$$M(0) = -E_f J \frac{d^2 w}{dx^2} \Big|_{x=0} = 0$$

$$M(L) = -E_f J \frac{d^2 w}{dx^2} \Big|_{x=L} = 0$$

$$V(0) = -E_f J \frac{d^3 w}{dx^3} \Big|_{x=0} = -P$$

$$V(L) = -E_f J \frac{d^3 w}{dx^3} \Big|_{x=L} = 0$$

La soluzione è stata ricavata in forma chiusa e non viene riportata per brevità. Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato ai quarti dello spessore dei piedritti e al loro filo interno; inoltre, l'andamento delle sollecitazioni nella soletta, viene valutato in 50 punti equamente distribuiti sulla larghezza compresa tra i due piedritti.

### 3.2.3. Soluzione per momento flettente all'estremità

La risoluzione della trave alla Winkler di lunghezza L, soggetta ad una sua estremità ad un momento flettente M (quindi, nel piano verticale che contiene la trave) è stata effettuata imponendo le seguenti condizioni al contorno

$$M(0) = -E_f J \left. \frac{d^2 w}{dx^2} \right|_{x=0} = M$$

$$M(L) = -E_f J \left. \frac{d^2 w}{dx^2} \right|_{x=L} = 0$$

$$V(0) = -E_f J \left. \frac{d^3 w}{dx^3} \right|_{x=0} = 0$$

$$V(L) = -E_f J \left. \frac{d^3 w}{dx^3} \right|_{x=L} = 0$$

La soluzione è stata ricavata in forma chiusa e non viene riportata per brevità. Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato ai quarti dello spessore dei piedritti e al loro filo interno; inoltre, l'andamento delle sollecitazioni nella soletta, viene valutato in 50 punti equamente distribuiti sulla larghezza compresa tra i due piedritti.

### 3.3. Criteri e definizione dell'azione sismica

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non strutturali, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1 delle N.T.C., i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l'opera a seguito del sisma subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidezza) nei confronti delle azioni verticali.

In merito alle opere interrato di cui trattasi, nel rispetto del punto § 7.9.2. delle N.T.C., essendo il muro un'opera di sostegno e rientrando tra le strutture che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1 delle N.T.C.), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica un comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

Per la definizione dell'azione sismica occorre definire il periodo di riferimento PVR in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a 100 anni.

La classe d'uso assunta è la III.

Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso, vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 150 \text{ anni}$$

Il valore di probabilità di superamento del periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, è:

$$P_{VR}(SLV) = 10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  espresso in anni vale:

$$T_R(\text{SLV}) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1424 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ .

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_c$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

$S$  → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ ).

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (N.T.C. par. 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle masse per la massima accelerazione attesa.

Nelle verifiche allo SLU i valori dei coefficienti sismici orizzontali  $k_h$  e verticali  $k_v$  possono essere valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{\max}}{g}; \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove :  $a_{\max} = S \times a_g = S_S \times S_T \times a_g$  (accelerazione massima attesa al sito);

$g$  = accelerazione di gravità;

$S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica;

$S_S$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido.

Per muri in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume i valori sotto riportati:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B,C,D,E
	$\beta_m$	$\beta_m$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.31	0.31
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.29	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.18

Per muri che non sono in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno in quanto vincolati orizzontalmente come ad esempio i muri ad "U", si assume  $\beta_m = 1$ .

La forza totale di progetto agente sulla struttura di contenimento dal lato del terrapieno,  $E_d$ , è calcolata come (EC8-5 par.7.3.2.1, EC8-5 Appendice E p.to E.3):

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma^* (1 \pm k_v) K \times H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

dove:

$H$  = altezza del muro;

$E_{ws}$  = la spinta statica dell'acqua;

$E_{wd}$  = spinta idrodinamica dell'acqua;

$\gamma^*$  = peso specifico del terreno;

$K$  = coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico);

$k_v$  = coefficiente sismico verticale.

Il punto di applicazione della forza dovuta alla spinta dinamica del terreno deve essere preso a metà altezza del muro, in assenza di uno studio più dettagliato che prenda in considerazione la relativa rigidezza, il tipo di movimenti, e la massa relativa della struttura di contenimento.

Nel caso di muri che sono liberi di ruotare intorno al loro piede si può assumere che la forza dinamica agisca nello stesso punto di quella statica.

Il coefficiente di spinta del terreno viene calcolato con la formula di Mononobe e Okabe:

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta_d) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta_d) \cdot \sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d) \cdot \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

valida per stati attivi con  $\beta \leq \phi'_d - \theta$ , oppure:

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta_d)}$$

valida per stati attivi con  $\beta > \phi'_d - \theta$ ,

dove:

$\phi'_d$  = valore di progetto dell'angolo di resistenza a taglio del terreno;

$\psi$  e  $\beta$  = angoli di inclinazione rispetto all'orizzontale, rispettivamente della parete del muro rivolta a monte e della superficie del terrapieno;

$\delta_d$  = valore di progetto dell'angolo di attrito terreno-muro.

L'angolo  $\theta$  e la pressione idrodinamica  $E_{ws}$  sono definiti in funzione del livello di falda e della natura dei terreni; si distinguono i seguenti 4 casi:

- Rilevato asciutto

$$\gamma^* = \gamma_d$$

$$\tan \theta = \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

$$E_{wd} = 0$$

- Rilevato saturo a grana fine

$$\gamma^* = \gamma_d'$$

$$\tan \theta = \frac{\gamma^* k_h}{\gamma_d' 1 \pm k_v}$$

$$E_{wd} = 0$$

- Rilevato saturo a grana grossa

$$\gamma^* = \gamma_d'$$

$$\tan \theta = \frac{\gamma_d k_h}{\gamma_d' 1 \pm k_v}$$

$$E_{wd} = 7/12 \times k_h \gamma_w H'^2 \text{ con } H' = \text{altezza della freatica dal piede del muro.}$$

- Rilevato parzialmente immerso

$$\gamma_v^* = \gamma' \left( \frac{h_w}{h} \right)^2 + \gamma_d \left[ 1 - \left( \frac{h_w}{h} \right)^2 \right] \gamma_H^* = \begin{cases} \gamma_d & \text{se terreno a grana fine} \\ \gamma_{sat} \left( \frac{h_w}{h} \right)^2 + \gamma_d \left[ 1 - \left( \frac{h_w}{h} \right)^2 \right] & \text{se terreno a grana grossa} \end{cases}$$

$$\tan \theta = \frac{\gamma_H^* k_h}{\gamma_v^* 1 \pm k_v}$$

$E_{wd}$  associato al tipo di terreno presente a tergo del muro.

La componente idrodinamica è considerata con la seguente distribuzione di pressione:

$$q_{wd}(z) = \pm 7/8 k_h \gamma_w (H'z)^{0.5}$$

Le forze inerziali, dovute alla massa  $m$  degli elementi strutturali e non strutturali sono valutate come:

$$F_I = m \times k_h$$

L'azione sismica è quindi rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per le accelerazioni sismiche massime attese al suolo, ottenute combinando alternativamente la componente verticale agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

Per la determinazione di tali azioni si farà di regola riferimento alle sole masse corrispondenti ai pesi propri ed ai sovraccarichi permanenti, considerando nullo il valore quasi permanente delle masse corrispondenti ai sovraccarichi da traffico.

### 3.4. Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle N.T.C..

#### 3.4.1. Combinazioni per la verifica allo SLU

Gli stati limite ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU), collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR), raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche vengono condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1" e le relative combinazioni previste:

- combinazione 1 → (A1+M1+R1) → STR
- combinazione 2 → (A2+M2+R2) → GEO

Le combinazioni di carico di tipo A1 STR e A2 GEO vengono effettuate adottando i gruppi di azioni indicati in tabella 5.1.IV delle N.T.C. con i coefficienti parziali di sicurezza stradali indicati in tabella 5.1.V delle N.T.C. e i coefficienti di combinazione dei carichi stradali della tabella 5.1.VI delle N.T.C. presenti al capitolo 5.1.3.12 della norma.

Per quanto riguarda i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno ( $\gamma_M$ ), si fa riferimento alla tabella 6.2.II delle N.T.C., mentre per quanto riguarda i coefficienti parziali per le verifiche agli stati limiti ultimi ( $\gamma_R$ ) si fa riferimento alla tabella 6.5.I delle N.T.C..

Ai fini delle verifiche degli stati limiti ultimi si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limiti ultimi SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limiti ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

- Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

#### 3.4.2. Combinazioni per la verifica allo SLE

Le combinazioni di carico allo SLE vengono effettuate adottando i gruppi di azioni indicati in tabella 5.1.IV delle N.T.C. con i coefficienti di combinazione dei carichi stradali della tabella 5.1.VI delle N.T.C. presenti al capitolo 5.1.3.12 della norma.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL RI61 02 002

Rev.  
A

Foglio  
20 di 157

Ai fini delle verifiche degli stati limiti di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- Quasi permanente  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$
- Frequente  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{1i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$
- Rara  $\Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$

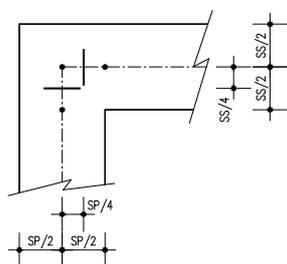
#### 4. CRITERI DI VERIFICA

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le Combinazioni di carico risultate più critiche.

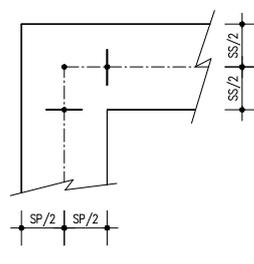
Per quanto riguarda gli incastrati tra soletta e piedritti, le verifiche a flessione sono effettuate rispettivamente:

- nella sezione ubicata a metà fra asse piedritto e sezione d'attacco piedritto-soletta nel caso delle verifiche della soletta;
- nella sezione ubicata a metà fra asse soletta e sezione d'attacco del piedritto nel caso delle verifiche del piedritto.

Le verifiche a fessurazione e a taglio sono eseguite nelle sezioni di attacco soletta-piedritto.



VERIFICHE A FLESSIONE



VERIFICHE A FESSURAZIONE E TAGLIO

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D. M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2).

Le verifiche a taglio sono svolte considerando il puntone in cls inclinato di 45° e staffe verticali.

Le verifiche a fessurazione sono state condotte considerando:

Verifica di formazione delle fessure: la verifica si esegue per la sezione interamente reagente determinando il momento di prima fessurazione e confrontandolo con quello sollecitante; se risulta  $M_{cr} < M_{Ed}$  la verifica si considera soddisfatta, altrimenti si procede alla verifica di apertura delle fessure.

Verifica di apertura delle fessure: l'apertura convenzionale delle fessure è calcolata con le modalità indicate nell'Eurocodice 2-1, come indicato dal D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008, e valutata con le sollecitazioni relative alla Combinazioni Rara della normativa vigente sui ponti ferroviari. Le massime aperture ammissibili sono:

- condizioni ambientali aggressive e molto aggressive:  $w_k \leq w_3 = 0.20\text{mm}$
- condizioni ambientali ordinarie:  $w_k \leq w_3 = 0.30\text{mm}$

Verifica delle tensioni di esercizio: si verifica che le tensioni di lavoro presenti nel calcestruzzo siano inferiori ai seguenti limiti:

- combinazione QP  $\sigma_c < 0.40 f_{ck}$ ;
- combinazione Rara  $\sigma_c < 0.55 f_{ck}$ ,

e che le tensioni di lavoro presenti nell'acciaio siano  $\sigma_s < 0.75 f_{yk}$ .

## 5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei sottoelencati materiali:

### 5.1. Calcestruzzo per magrone

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe Rck 15.

### 5.2. Calcestruzzo

Per la realizzazione delle fondazioni dei muri, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C25/30 ( $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)  $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a compressione  $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico  $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione  $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione media  $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione  $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione di calcolo  $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a compressione (comb. Rara)  $\rightarrow \sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 13.69 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)  $\rightarrow \sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 9.96 \text{ N/mm}^2$

Per la realizzazione delle strutture, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C32/40 ( $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)  $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a compressione  $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico  $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione  $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 = 18.81 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione media  $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.10 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione  $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.169 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione di calcolo  $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.446 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a compressione (comb. Rara)  $\rightarrow \sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 18.26 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)  $\rightarrow \sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 13.28 \text{ N/mm}^2$

### 5.3. Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C saldabile, controllato in stabilimento e che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento $f_y$	$\geq 450$ MPa
Limite di rottura $f_t$	$\geq 540$ MPa
Allungamento totale al carico massimo $A_{gt}$	$\geq 7.5\%$
Rapporto $f_t/f_y$	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}}/f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$

- 1) Tensione di snervamento caratteristica  $\rightarrow f_{yk} \geq 450$  N/mm<sup>2</sup>
- 2) Tensione caratteristica a rottura  $\rightarrow f_{tk} \geq 540$  N/mm<sup>2</sup>
- 3) Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara)  $\rightarrow \sigma_s = 0.80 * f_{yk} = 360.00$  N/mm<sup>2</sup>
- 4) Fattore di sicurezza acciaio  $\rightarrow \gamma_s = 1.15$
- 5) Resistenza a trazione di calcolo  $\rightarrow f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30$  N/mm<sup>2</sup>

### 5.4. Durabilità e prescrizioni sui materiali

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

<u>Fondazione</u>	CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC2
<u>Elevazione</u>	CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC4 + XF1

### 5.5. Copriferro minimo e copriferro nominale

Al fine di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale  $c_{nom}$  è somma di due contributi, il copriferro minimo  $c_{min}$  e la tolleranza di posizionamento  $h$ . Vale pertanto:  $c_{nom} = c_{min} + h$ .

Considerate le condizioni ambientali dell'opera e le classi di resistenza del calcestruzzo, si adotta un copriferro nominale pari a  $c_{nom} = 40$  mm per la fondazione e pari a  $c_{nom} = 50$  mm e per l'elevazione.

## 6. PARAMETRI SISMICI

L'opera ricade nel comune di Sommacampagna in provincia di Verona.

I corrispondenti valori delle caratteristiche sismiche per lo SLV (TR=1424 anni) sono i seguenti:

$$a_g = 0.237g$$

$$a_{gv} = 0.155 g;$$

$$F_0 = 2.432;$$

$$T^*_c = 0.283 s;$$

Per quanto riguarda il sottosuolo su cui insiste l'opera, si assume che ricada in categoria sismica "B" e categoria topografica "T1". Il coefficiente di amplificazione stratigrafica e topografica risultano quindi:

$$S_S = 1.170$$

$$S_T = 1.0$$

L'accelerazione massima orizzontale viene valutata pari a:

$$a_{\max}(\text{SLV}) = S a_g = 1.170 \times 1.00 \times 0.237 g = 0.277 g$$

In base al valore dell'accelerazione ed alla categoria sismica del sottosuolo, il valore del parametro  $\beta_m$  è pari a:

$$\beta_m = 1.00 \quad \text{per muri ad "U"}$$

$$\beta_m = 0.31 \quad \text{per muri a mensola.}$$

Per muri ad "U" si ottiene quindi:

$$k_h = 0.277$$

$$k_v = 0.139$$

mentre per muri a mensola si ottiene:

$$k_h = 0.0856$$

$$k_v = 0.0428$$

## 7. PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici caratteristici impiegati per caratterizzare i materiali da rilevato, sono:

- $\Phi'_k = 38^\circ$
- $\gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$

I parametri geotecnici caratteristici impiegati per caratterizzare i materiali da reinterri, sono:

- $\Phi'_k = 30^\circ$
- $\gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$

Per quanto riguarda il terreno di fondazione, in base alle caratteristiche geotecniche riportate nello specifico documento Rif. [1], si assumono i seguenti parametri:

- $\Phi'_k = 35^\circ$
- $\gamma_m = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$
- $k_w = 5000 \text{ kN/m}^3$

## 8. ANALISI STRUTTURALE

### 8.1. Modellazione strutturale

L'analisi della struttura è stata condotta attraverso la procedura analitica con riferimento ad una porzione di lunghezza unitaria.

Il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler come precedentemente illustrato nella presente relazione, con costante di sottofondo pari a  $K_s = 5000 \text{ kN/m}^3$ . Per quanto riguarda la rigidità degli elementi strutturali si adottano i seguenti moduli elastici:

- $E_c = 34625 \text{ N/mm}^2$  (Per cls Rck 30);
- $E_c = 33643 \text{ N/mm}^2$  (Per cls Rck 40);

Le verifiche strutturali del piedritto vengono effettuate nelle seguenti posizioni:

- filo superiore soletta:
  - verifiche a taglio;
  - verifiche a fessurazione;
- $\frac{1}{4}$  dello spessore della soletta:
  - verifiche a flessione;
  - verifiche tensioni in esercizio.

Le verifiche strutturali della soletta di fondazione vengono effettuate nelle seguenti posizioni:

- posizione di minimo momento:
  - verifiche a flessione;
  - verifiche a fessurazione;
  - verifiche tensioni in esercizio;
- filo interno piedritto:
  - verifiche a taglio;
  - verifiche a fessurazione;
- $\frac{1}{4}$  dello spessore di base del piedritto:
  - verifiche a flessione;
  - verifiche tensioni in esercizio.

## 8.2. Analisi dei carichi

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari assunti per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Le condizioni elementari di carico di seguito determinate saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato:  $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$
- rilevato:  $\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$
- ricoprimento:  $\gamma_{ric} = 20 \text{ kN/m}^3$

### 8.2.1. Peso proprio strutture (Load 1)

- parete  $S_s \times \gamma_{c.a.}$
- soletta  $S_s \times \gamma_{c.a.}$

### 8.2.2. Spinta del terreno (Load 2)

Il reinterro a ridosso della parete verrà realizzato tramite materiale arido di buone caratteristiche meccaniche.

Secondo quanto riportato in precedenza per il reinterro si assumono i seguenti parametri geotecnici:

$$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi'_k = 38^\circ$$

$$\phi'_{dM1} = 38^\circ$$

$$\phi'_{dM2} = \text{artg}(\text{tg}38^\circ/1.25) = 32.01^\circ$$

	Coeff. M1 - $\gamma_m, \phi=1$	Coeff. M2 - $\gamma_m, \phi=1.25$
<i>Spinta a riposo</i>	0,3843	0,4700
<i>Spinta attiva</i>	0,2379	0,3072

La spinta orizzontale delle terre sui piedritti, in condizioni statiche, ad una generica profondità z da piano campagna è calcolata come:

$$\sigma_t(z) = k_0 [ \gamma_t z - u(z) ]$$

dove  $u(z)$  è la pressione dell'acqua alla profondità z da piano campagna.

### 8.2.3. Spinta dell'acqua (Load 3)

Nel caso in cui la falda interessi i piedritti dei muri, la pressione orizzontale alla generica profondità  $z$  da piano campagna è calcolata come:

$$u(z) = 0 \quad (\text{per } z \leq z_1)$$

$$u(z) = \gamma_w (z - z_1) \quad ((\text{per } z > z_1))$$

con  $z_1$  profondità della falda da piano campagna.

Per i casi in esame non si considera la presenza della falda.

### 8.2.4. Sovraccarico permanente non strutturale e accidentale in condizioni statiche e sismiche (Load 4)

La spinta orizzontale dovuta al sovraccarico accidentale è calcolata come

$$p_q = k_0 \times q$$

con  $q$  sovraccarico accidentale.

Data la presenza dell'asse ferroviario all'interno del muro ad U, il sovraccarico agente sulle pareti è dato da:

- Sovraccarico permanente non strutturale (ballast+armamento);
- Sovraccarico accidentale (treni di carico).

L'asse ferroviario è posizionato a 4.80m dal filo interno della parete, considerando traversine di larghezza 2.60m e (cautelativamente) una distribuzione dei carichi con andamento 1:1, le spinte dovute ai convogli agiscono sul piedritto a partire da  $-(0.80-0.40)+(4.80-2.60/2) = 3.10\text{m}$  da testa parete, dove i termini 0.80-0.40m definiscono la posizione dell'intradosso traversina rispetto alla testa parete.

Per tale motivo, per il dimensionamento delle pareti fino a 3.00m di altezza si considererà solamente un sovraccarico accidentale di intensità pari a 20 kN/m<sup>2</sup>.

#### Calcolo del sovraccarico permanente non strutturale:

Si considera che il ballast abbia uno spessore pari a 80 cm.

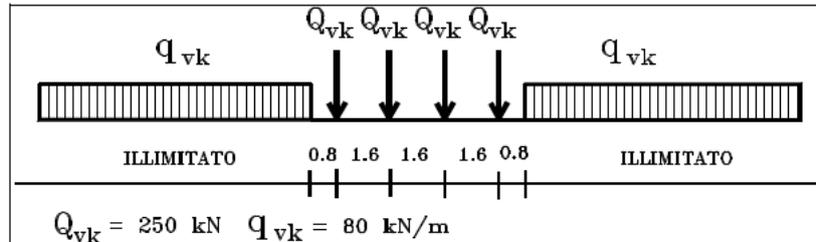
$$\text{peso ballast + armamento} \quad H_{\text{ballast}} \times \gamma_{\text{ballast}} = 0.80 \times 18.00 \quad = 14.40 \text{ kN/m}^2$$

#### Calcolo del sovraccarico accidentale dovuto ai convogli:

In considerazione di quanto detto precedentemente in merito alla diffusione dei carichi e alle pressioni sui piedritti, si considera una larghezza di diffusione dei sovraccarichi accidentali dovuti ai due convogli sostenuti dalla struttura, pari a 13,00m.

**Treno LM71**

Il treno LM71 è schematizzato da quattro assi da 250 kN su una lunghezza di 6,4m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per una lunghezza illimitata.



Treno di carico LM71

SI considerano i quattro assi ripartiti su una lunghezza pari a 6,40m e una larghezza pari a  $13,00/2 = 6,50\text{m}$

Tutti i valori dei carichi suddetti dovranno essere moltiplicati per un coefficiente di adattamento “ $\alpha$ ”, variabile in ragione della tipologia dell’infrastruttura (ferrovie ordinarie, ferrovie leggere, metropolitane, ecc.).

Modello di carico	Coefficiente “ $\alpha$ ”
LM71	1,1
SW/0	1,1
SW/2	1,0

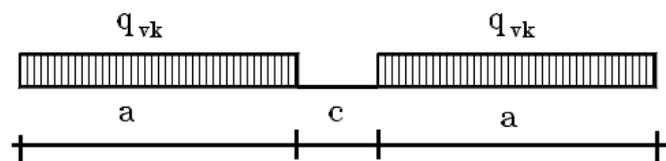
Coefficiente di adattamento “ $\alpha$ ” in funzione del modello di carico

Il carico equivalente distribuito relativo ai quattro assi vale:

$$q_{\text{equi}} = 1,1 \times 250 \times 4 / (6,50 \times 6,40) = 26,44 \text{ kN/m}^2$$

**Treno SW/2**

Viene schematizzato da un carico uniformemente ripartito



Treno di carico SW

Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

L’articolazione del carico è mostrata nella figura sopra riportata e, per tale modello di carico, sono considerate due distinte configurazioni denominate SW/0 ed SW/2 (l’SW/0 va considerato solo per travi continue qualora più sfavorevole dell’LM71).

Treno di Carico	$q_{vk}$ [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Caratteristiche Treno di Carico SW

Per i manufatti scatolari in oggetto non si prende in considerazione il treno SW/0.

$$q_{vk} = 150 \text{ kN/m}$$

$$q = q_{vk} / L_d = 150 / 6.50 = \mathbf{23.07 \text{ kN/m}^2}$$

Poichè il sovraccarico accidentale dovuto al treno di carico SW2 è inferiore a quello del treno LM71, si considera agente solamente il treno di carico LM71.

In condizioni sismiche, il sovraccarico accidentale dovuto ai convogli si considera pari al 20% di quello in condizioni statiche, mentre il sovraccarico accidentale agente sui primi 3.00m di piedritto si assume nullo.

#### Riepilogo:

Sovraccarico	$h \leq 3.00m$		$h > 3.00m$	
	Statica [kN/m <sup>2</sup> ]	Sismica [kN/m <sup>2</sup> ]	Statica [kN/m <sup>2</sup> ]	Sismica [kN/m <sup>2</sup> ]
<b>Ballast + armamento</b>	14.40	14.40	14.40	14.40
<b>LM71</b>	-	-	26.44	5.29
<b>Accidentale</b>	20.00	0	-	-
<b>Totale</b>	<b>34.40</b>	<b>14.40</b>	<b>40.84</b>	<b>19.29</b>

#### **8.2.1. Azioni trasmesse dalla barriera antirumore (Load 5)**

In accordo con quanto previsto dalle NTC 2008 par. 5.2.2.1.1, per quanto riguarda i ponti ferroviari è necessario prevedere le azioni associate all'introduzione di barriere antirumore.

Si prevede l'installazione di una barriera antirumore di altezza 6.00m da piano ferro, ovvero 6.80m da testa muro.

Su tali elementi agiscono sia gli effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari, definiti al punto 5.2.2.7, sia l'azione del vento, definita al punto 5.2.2.5.1.

Per quanto riguarda le azioni aerodinamiche, in riferimento al caso di superfici verticali parallele al binario, per una distanza  $a_g = 4.30 \text{ m}$  ed una velocità di progetto  $v = 300 \text{ km/h}$ , si ottiene un valore caratteristico dell'azione pari a:

$$q_k = \mathbf{0.65 \text{ kPa}}$$

A favore di sicurezza, non vengono applicati i coefficienti riduttivi dipendenti dalla sagoma del treno.

Per quanto riguarda l'azione del vento, in riferimento al paragrafo 3.3 delle NTC, per una Zona 1, categoria di esposizione del sito IV e coefficiente di rugosità B, si ottiene:

$$v_b = v_{b,0} = 25 \text{ m/s} \quad (a_s = 116.40m < a_0 = 1000 \text{ m per la Zona 1})$$

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 = 0.5 \times 1.25 \text{ kg/m}^3 \times 25^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 390.62 \text{ N/m}^2$$

$$c_e (z_{\min} = 8m) = 1.634 \quad (k_f = 0.22; c_t = 1; z = 6.75m < z_{\min} = 8m)$$

$$c_p = 0.8$$

$$c_d = 1.0$$

$$p_{\text{vento}} = 390.62 \times 1.634 \times 0.80 \times 1.00 = 510.62 \text{ N/m}^2 = \mathbf{0.51 \text{ kPa}}$$

Per quanto riguarda gli SLU, le azioni vengono combinate come indicato al punto 5.2.3.3.1, mentre per quanto riguarda gli SLE le azioni vengono combinate come indicato al punto 5.2.3.3.2 delle NTC.

In considerazione del valore delle due azioni agenti e dei rispettivi coefficienti di sicurezza e di combinazione, la combinazione più sfavorevole agli SLU di tipo A1-STR risulta:

$$q_{SLU} = 1.50 \times 0.80 \times p_{vento} + 1.50 \times q_{k,aero} = 1.587 \text{ kPa}$$

mentre in esercizio, risulta:

$$q_{QP} = 0.00 \text{ kPa}$$

$$q_{CAR} = 0.50 \times p_{vento} + q_{k,aero} = 0.905 \text{ kPa}$$

Considerando un'altezza di barriera di 6.80m, l'azione del vento corrisponde ad un carico orizzontale posto a 6.40m da testa muro, di intensità pari a:

$$F_{h,v,SLU} = 10.79 \text{ kN}$$

$$F_{h,v,QP} = 0.00 \text{ kN}$$

$$F_{h,v,CAR} = 6.15 \text{ kN}$$

Tali azioni vengono riportate alla sezione di calcolo considerando l'azione orizzontale e il braccio che esse generano rispetto ad essa.

### 8.2.2. Azioni sismiche (Load 6,7,8,9)

Per tener conto dell'incremento di spinta del terreno dovuta al sisma si fa riferimento all'EC8-5, appendice E – “analisi semplificata per le strutture di contenimento” come esplicitato al capitolo 4 “Criteri di definizione dell'azione sismica”. In considerazione dei valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali precedentemente determinati, l'angolo  $\theta$  assume i seguenti valori:

Dati i seguenti parametri:

- $\Phi'_{dM1} = 38^\circ$
- $\Phi'_{dM2} = \text{artg}(\text{tg}38^\circ/1.25) = 32.01^\circ$
- $\psi = 90^\circ$ ;
- $\beta = 0^\circ$ ;
- $\delta_d = 0$ ;

L'angolo  $\theta$  ed il relativo coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) valgono:

$\theta_1$ (sisma verso basso)	$\theta_2$ (sisma verso alto)	K ( $\theta_1$ ) - M1	K ( $\theta_1$ ) - M2	K ( $\theta_2$ ) - M1	K ( $\theta_2$ ) - M2
13.6866	17.8446	0.3854	0.4488	0.4774	0.5535

L'azione sismica totale sulla parete, dovuta alla spinta del terreno risulta pari a:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma^* (1 \pm k_v) K(\theta) H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

con  $\gamma^*$  definito in precedenza in funzione della presenza della falda e del tipo di terreno,  $E_{ws}$  e  $E_{wd}$  rispettivamente pressione statica e sovrappressione idrodinamica dovuta alla presenza della falda.

La spinta complessiva  $E_d$  è composta da tre termini, ciascuno dei quali presenta un diverso punto di applicazione:

- Componente associata allo scheletro solido (Load 6):
  - la spinta sismica totale dello scheletro solido ( $S_{A,E}$ ) è data dalla somma della spinta attiva in condizioni statiche ( $S_{A,S}$ ) e l'incremento di spinta sismico ( $\Delta S_A$ ) calcolabile come  $\Delta S_A = S_{A,E} - S_{A,S}$ . Nel caso dei muri ad "U" per i quali la parete non è in grado di compiere grandi rotazioni alla base, il sovraccarico sismico si considera applicato uniformemente sull'altezza della parete (Load 5).
- Componente idrostatica:
  - applicata analogamente al caso statico.
- Componente idrodinamica (Load 7):
  - è applicata alla parete con la seguente distribuzione di pressioni:  $q_{wd}(z) = \pm 7/8 k_h \gamma_w (H' \times z)^{0.5}$  con  $H'$  altezza della falda da asse soletta e  $z$  è la coordinata verticale diretta verso il basso, con origine al pelo libero dell'acqua. L'azione idrodinamica, se presente, è applicata con segno positivo sul piedritto di sinistra e con segno negativo su quello di destra.

La risultante delle forze inerziali orizzontali indotte dal sisma viene valutata con la seguente espressione:

- $f_h = p \times k_h$  (Load 8)
- $f_v = p \times k_v$  (Load 9)

con "p" peso proprio degli elementi strutturali.

## 9. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico sono effettuate combinando tra loro i singoli casi di carico come indicato dalla normativa. Per massimizzare lo sbilanciamento tra i due piedritti, i sovraccarichi accidentali e quelli sismici sono applicati solamente al piedritto sinistro.

### 9.1. Calcolo delle sollecitazioni

Il calcolo delle sollecitazioni nel piedritto e nella soletta viene effettuato per i seguenti 8 carichi fondamentali dai quali è possibile ricavare tutti gli altri casi di carico per rapporto diretto:

N.	Carico	Descrizione
1	PP	Peso proprio
2	$S_{A,S,k_0,M1}$	Spinta delle terre – $k_0$ – M1
3	$E_{ws}$	Spinta della falda
4	$S_{q,st,k_0,M1}$	Sovracc. accidentale statico – $k_0$ – M1
5	$F_{h,v}$	Azione del vento
6	$\Delta S_{A,M1,+}$	Sovrappinta sismica – M1 – $k_v(+)$
7	$E_{wd}$	Spinta idrodinamica
8	$F_v$	Effetti inerziali verticali (+ verso il basso)
9	$F_h$	Effetti inerziali orizzontali

Le sollecitazioni per ciascun caso di carico sono calcolate come segue:

N.	Carico	Descrizione	Calcolo
1	PP	Peso proprio	-
2	$S_{A,S,k_0,M1}$	Spinta delle terre – $k_0$ – M1	-
2a	$S_{A,S,k_0,M2}$	Spinta delle terre – $k_0$ – M2	$E[S_{A,S,k_0,M1}] \times k_{0,M2} / k_{0,M1}$
2b	$S_{A,S,k_a,M1}$	Spinta delle terre – $k_a$ – M1	$E[S_{A,S,k_0,M1}] \times k_{a,M1} / k_{0,M1}$
2c	$S_{A,S,k_a,M2}$	Spinta delle terre – $k_a$ – M2	$E[S_{A,S,k_0,M1}] \times k_{a,M2} / k_{0,M1}$
3	$E_{ws}$	Spinta della falda	-
4	$S_{q,st,k_0,M1}$	Sovracc. accidentale statico – $k_0$ – M1	-
4a	$S_{q,st,k_0,M2}$	Sovracc. accidentale statico – $k_0$ – M2	$E[S_{q,st,k_0,M1}] \times k_{0,M2} / k_{0,M1}$
4b	$S_{q,sis,k_a,M1}$	Sovracc. accidentale sismico – $k_a$ – M1	$E[S_{q,st,k_0,M1}] \times (k_{a,M1} / k_{0,M1}) \times (q_{sis} / q_{st})$
4c	$S_{q,sis,k_a,M2}$	Sovracc. accidentale sismico – $k_a$ – M2	$E[S_{q,st,k_0,M1}] \times (k_{a,M2} / k_{0,M1}) \times (q_{sis} / q_{st})$
5	$F_{h,v}$	Azione del vento	-
6	$\Delta S_{A,M1,+}$	Sovrappinta sismica – M1 – $k_v(+)$	-
6a	$\Delta S_{A,M2,+}$	Sovrappinta sismica – M2 – $k_v(+)$	$E[\Delta S_{A,M1,+}] \times (\Delta S_{A,M2,+} / \Delta S_{A,M1,+})$
6b	$\Delta S_{A,M1,-}$	Sovrappinta sismica – M1 – $k_v(-)$	$E[\Delta S_{A,M1,+}] \times (\Delta S_{A,M1,-} / \Delta S_{A,M1,+})$
6c	$\Delta S_{A,M2,-}$	Sovrappinta sismica – M2 – $k_v(-)$	$E[\Delta S_{A,M1,+}] \times (\Delta S_{A,M2,-} / \Delta S_{A,M1,+})$
7	$E_{wd}$	Spinta idrodinamica	-
8	$F_h$	Effetti inerziali orizzontali	-
9	$F_v$	Effetti inerziali verticali (+verso il basso)	-

Dove con  $E[A]$  si intende la generica sollecitazione E dovuta al carico sollecitante A.

**9.2. Combinazioni SLU**

C.C.	PP	STERRE k0_M1_SX	STERRE k0_M2_SX	STERRE k0_M1_DX	STERRE k0_M2_DX	FALDA_SX	FALDA_DX	SOVR. STAT. k0_M1_SX	SOVR. STAT. k0_M2_SX	VENTO
LOAD	1	2	2a	2_dx	2a_dx	3	3_dx	4	4a	5
1_STR	1.3	1.3		1		1.3	1	1.5		1.5
2_STR	1	1.3		1		1.3	1	1.5		1.5
3_STR	1.3	1		1		1	1	0		1.5
4_STR	1	1		1		1	1	0		1.5
1_GEO	1		1		1	1	1		1.3	1.3
2_GEO	1		1		1	1	1		0	1.3

Dove si indicano con “dx” le azioni agenti sul piedritto destro.

**9.3. Combinazioni SLV**

C.C.	PP	STERRE ka_M1_SX	STERRE ka_M2_SX	STERRE ka_M1_DX	STERRE ka_M2_DX	FALDA_SX	FALDA_DX	SOVR. SISMICO ka_M1_SX	SOVR. SISMICO ka_M2_SX	VENTO	INCR. SISMICO BASSO_M1	INCR. SISMICO BASSO_M2	INCR. SISMICO ALTO_M1	INCR. SISMICO ALTO_M2	INCR. IDRODINAMICO	INERZIA ORIZZONTALE	INERZIA VERT (BASSO)
LOAD	1	2b	2c	2b_dx	2c_dx	3	3_dx	4b	4c	5	6	6a	6b	6c	7	8	9
1_STR	1	1		1		1	1	0			1				1	1	1
2_STR	1	1		1		1	1	1			1				1	1	1
3_STR	1	1		1		1	1	0					1		1	1	-1
4_STR	1	1		1		1	1	1					1		1	1	-1
1_GEO	1		1		1	1	1		0			1			1	1	1
2_GEO	1		1		1	1	1		1			1			1	1	1
3_GEO	1		1		1	1	1		0					1	1	1	-1
4_GEO	1		1		1	1	1		1					1	1	1	-1

Dove si indicano con “dx” le azioni agenti sul piedritto destro.

**9.4. Combinazioni SLE**

C.C.	PP	STERRE k0_MI_SX	STERRE k0_MI_DX	FALDA_SX	FALDA_DX	SOVR. STAT. k0_MI_SX	VENTO
LOAD	1	2	2_dx	3	3_dx	4	5
1_QP	1	1	1	1	1	0	0
1_FR	1	1	1	1	1	0	0.80
2_FR	1	1	1	1	1	0.75	0.80
1_CAR	1	1	1	1	1	0	1
2_CAR	1	1	1	1	1	1	1

Dove si indicano con “dx” le azioni agenti sul piedritto destro.

## 10. PIEDRITTI MURI "U" – TRATTO 1 – sp = 40cm

Il presente capitolo è relativo al primo tratto di piedritto dei muri, di spessore 40cm e altezza massima pari a 80cm.

### 10.1. Geometria della struttura

Dimensioni geometriche trasversali:

- $H_{\text{pied}} = 0.80 \text{ m}$
- $S_{\text{p,sup}} = 0.40 \text{ m}$
- $S_{\text{p,inf}} = 0.40 \text{ m}$

La porzione di piedritto non è interessata dalla falda.

### 10.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

Si riportano di seguito le pressioni statiche e sismiche esercitate sui piedritti dal terreno, dalla falda e dall'azione sismica, per i casi di carico fondamentali.

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,040	0,800	0,800	0,307	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,080	1,600	1,600	0,615	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,120	2,400	2,400	0,922	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,160	3,200	3,200	1,230	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,200	4,000	4,000	1,537	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,240	4,800	4,800	1,845	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,280	5,600	5,600	2,152	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,320	6,400	6,400	2,460	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,360	7,200	7,200	2,767	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,400	8,000	8,000	3,075	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,440	8,800	8,800	3,382	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,480	9,600	9,600	3,690	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,520	10,400	10,400	3,997	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,560	11,200	11,200	4,305	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,600	12,000	12,000	4,612	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,640	12,800	12,800	4,920	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,680	13,600	13,600	5,227	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,720	14,400	14,400	5,534	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,760	15,200	15,200	5,842	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,800	16,000	16,000	6,149	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,800	16,000	16,000	6,149	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386
0,800	16,000	16,000	6,149	0,000	13,221	1,608	0,000	2,773	1,386

Dove la coordinata verticale z è positiva verso il basso con l'origine posta in sommità al piedritto.

### 10.3. Riassunto delle sollecitazioni alla base del piedritto

Si riportano di seguito le sollecitazioni calcolate alla base del piedritto per tutti i casi di carico:

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	8,00		
2	STERRE k0_M1		0,66	2,46
2a	STERRE K0_M2		0,80	3,01
2b	STERRE ka_M1		0,41	1,52
2c	STERRE ka_M2		0,52	1,97
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		4,23	10,58
4a	SOVR. STATICO k0_M2		5,17	12,93
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		1,10	2,74
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		1,42	3,54
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		0,51	1,29
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		0,61	1,51
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		0,38	0,95
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		0,43	1,09
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		0,89	2,22
8	INERZIA VERT (BASSO)	1,11		

### 10.4. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate per il piedritto ed adottate per le verifiche strutturali.

#### 10.4.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Base piedritto	2_SLU_STR	8,00	7,20	19,06

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$V_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} = 10.79 \text{ kN/m}$$

$$M_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} \times h = 10.79 \times (6.80 / 2 + 0.80) = 45.31 \text{ kNm/m}$$

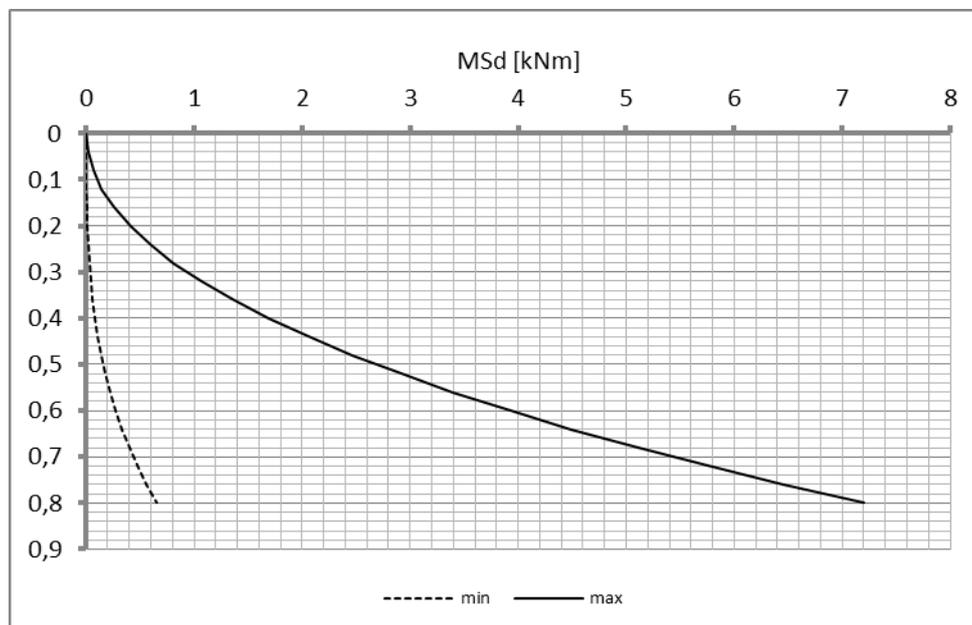
**10.4.2. Combinazioni SLE**

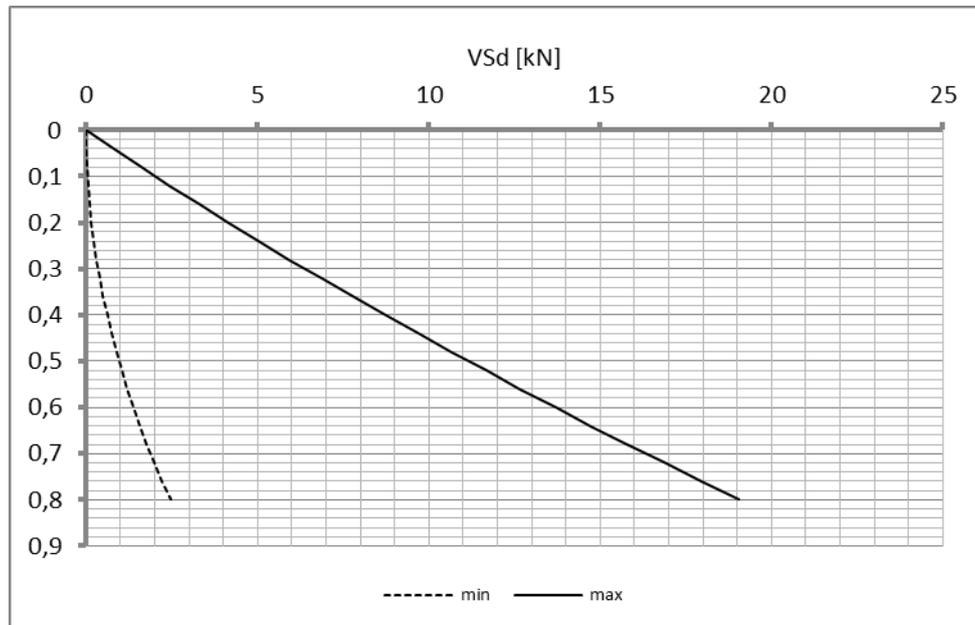
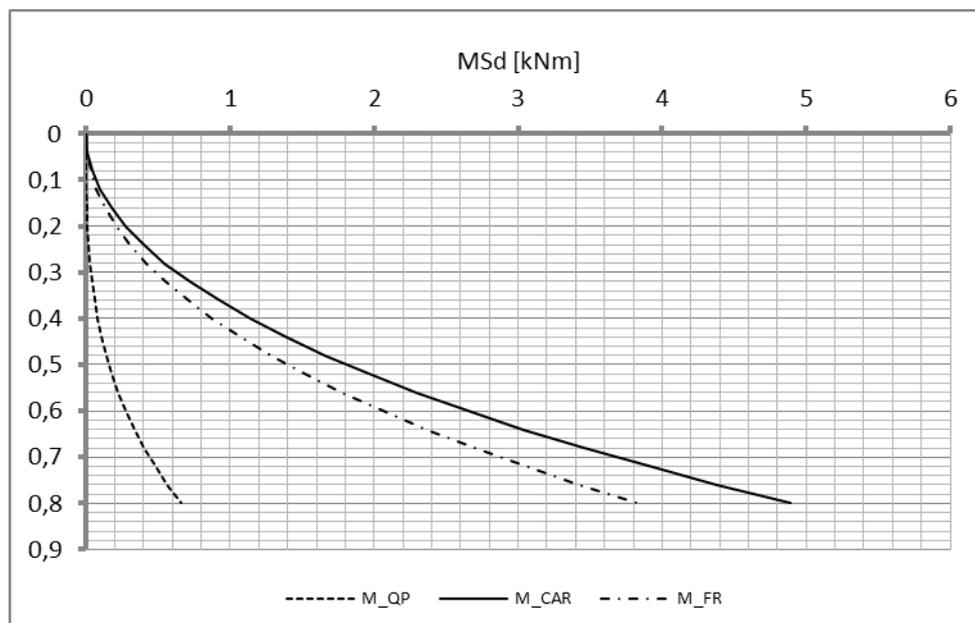
	CC	N [kN]	M[kNm]
Base piedritto _QP	1_QP	8,00	0,66
Base piedritto _FR	2_FR	8,00	3,83
Base piedritto _CAR	2_CAR	8,00	4,89

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$M_{Sd,QP,barriera} = F_{h,v,QP} \times h = 0.00 \text{ kNm}$$

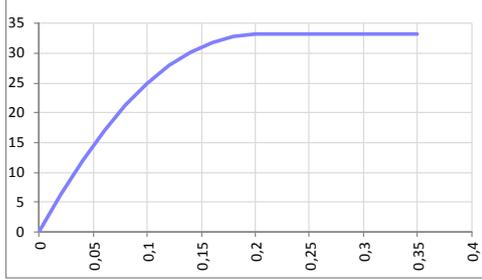
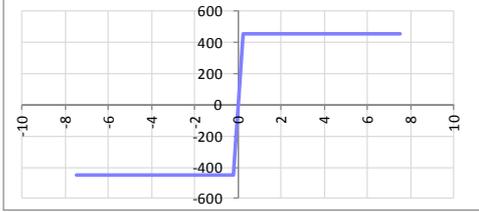
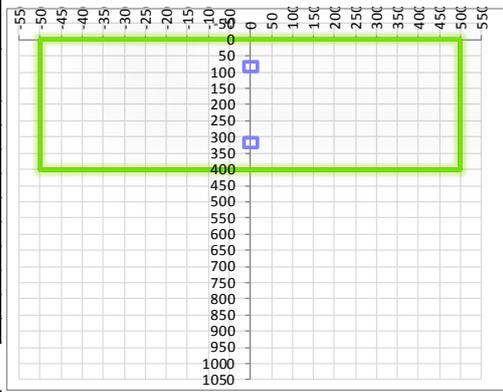
$$M_{Sd,CAR,barriera} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 0.80) = 25.83 \text{ kNm /m}$$

**10.5. Diagrammi di involuppo SLU-SLV****10.5.1. Piedritti**Momento

Taglio**10.6. Diagrammi di involuppo SLE****10.6.1. Piedritti**

## 10.7. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

### 10.7.1. Piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
$R_{ck}$	40,00	N/mm <sup>2</sup>		
$f_{dk}$	33,20	N/mm <sup>2</sup>		
$f_{cm}$	41,20	N/mm <sup>2</sup>		
$f_{ctm}$	3,10	N/mm <sup>2</sup>		
$f_{ctk,0.05}$	2,17	N/mm <sup>2</sup>		
$f_{ctk,0.95}$	4,03	N/mm <sup>2</sup>		
$f_{ctm}$	3,72	N/mm <sup>2</sup>		
$E_{cm}$	33642,78	N/mm <sup>2</sup>		
$\epsilon_{c2}$	0,200	%		
$\epsilon_{c3}$	0,175	%		
$\epsilon_{c4}$	0,070	%		
$\epsilon_{cu}$	0,350	%		
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_d/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>		
$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>		
$E_s$	200000	N/mm <sup>2</sup>		
$\epsilon_{su}$	7,500	%		
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
$n_{breve\ termine}$	5,66	$=E_s/E_c$		
umidità relativa	75	%		
giorno app. carico	15	giorni		
periodo lungo termine	50	anni		
coefficiente di viscosità	2,02			
$n_{lungo\ termine=}$	11,46	$=E_s/E_{cm}$		
$n_{verifiche\ QP}$	15,0	$=E_s/E_{cm}$ lungo termine		
$n_{verifiche\ CAR}$	15,0	$=E_s/E_{cm}$ breve termine		
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	400 mm			
<b>Armature:</b>				
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>
1	5	16	82	1005,3096
2	5	16	318	1005,3096
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>
superiore	5	16	66	1005,3096
inferiore	5	16	334	1005,3096
				



10.7.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b	1000 mm		
Altezza	h	400 mm		
<i>Barre tese</i>	<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>coprifermo in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1	10	26	93	5309
strato2	5	26	145	2655
strato3	5	26	197	2655
strato4	0	0	0	0
strato5	0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	10619 mm <sup>2</sup>		
Posizione della barra equivalente	$c^*$	132 mm		

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	8 kN
Taglio	$V_{Ed}$	29,85 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	268 mm
Coefficiente	k	1,86
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	2,00%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,02 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,51 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	138,33 kN
Resistenza al taglio senza armatura	$V_{rd}$	243,53 kN
Verifica		0,12 <i>Verifica soddisfatta</i>

10.7.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	8,0	30,7	Msd<Mf	0,200	74,82		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	1_QP	-	8,0	0,7	-0,04	-0,06	-0,48	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	8,0	30,7	-2,51	101,25	-1,80	Sezione parzializzata	

## 11. PIEDRITTI MURI "U" – TRATTO 2 – sp = 70cm

Il presente capitolo è relativo al primo tratto di piedritto dei muri, di spessore 40cm e altezza massima pari a 80cm.

### 11.1. Geometria della struttura

*Dimensioni geometriche trasversali:*

- $H_{\text{pied}} = 2.50 \text{ m}$
- $S_{\text{p,sup}} = 0.40 \text{ m}$
- $S_{\text{p,inf}} = 0.70 \text{ m}$

La porzione di piedritto non è interessata dalla falda.

### 11.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

Si riportano di seguito le pressioni statiche e sismiche esercitate sui piedritti dal terreno, dalla falda e dall'azione sismica, per i casi di carico fondamentali.

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	13,221	5,025	0,000	2,773	1,386
0,125	2,500	2,500	0,961	0,000	13,221	5,025	0,000	2,877	1,438
0,250	5,000	5,000	1,922	0,000	13,221	5,025	0,000	2,981	1,490
0,375	7,500	7,500	2,883	0,000	13,221	5,025	0,000	3,085	1,542
0,500	10,000	10,000	3,843	0,000	13,221	5,025	0,000	3,189	1,594
0,625	12,500	12,500	4,804	0,000	13,221	5,025	0,000	3,293	1,646
0,750	15,000	15,000	5,765	0,000	13,221	5,025	0,000	3,397	1,698
0,875	17,500	17,500	6,726	0,000	13,221	5,025	0,000	3,501	1,750
1,000	20,000	20,000	7,687	0,000	13,221	5,025	0,000	3,605	1,802
1,125	22,500	22,500	8,648	0,000	13,221	5,025	0,000	3,709	1,854
1,250	25,000	25,000	9,608	0,000	13,221	5,025	0,000	3,813	1,906
1,375	27,500	27,500	10,569	0,000	13,221	5,025	0,000	3,917	1,958
1,500	30,000	30,000	11,530	0,000	13,221	5,025	0,000	4,021	2,010
1,625	32,500	32,500	12,491	0,000	13,221	5,025	0,000	4,125	2,062
1,750	35,000	35,000	13,452	0,000	13,221	5,025	0,000	4,229	2,114
1,875	37,500	37,500	14,413	0,000	13,221	5,025	0,000	4,333	2,166
2,000	40,000	40,000	15,374	0,000	13,221	5,025	0,000	4,437	2,218
2,125	42,500	42,500	16,334	0,000	13,221	5,025	0,000	4,541	2,270
2,250	45,000	45,000	17,295	0,000	13,221	5,025	0,000	4,645	2,322
2,375	47,500	47,500	18,256	0,000	13,221	5,025	0,000	4,749	2,374
2,500	50,000	50,000	19,217	0,000	13,221	5,025	0,000	4,853	2,426
2,500	50,000	50,000	19,217	0,000	13,221	5,025	0,000	4,853	2,426
2,500	50,000	50,000	19,217	0,000	13,221	5,025	0,000	4,853	2,426

Dove la coordinata verticale z è positiva verso il basso con l'origine posta in sommità al piedritto.

### 11.3. Riassunto delle sollecitazioni alla base del piedritto

Si riportano di seguito le sollecitazioni calcolate alla base del piedritto per tutti i casi di carico:

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	34,38		
2	STERRE k0_M1		20,02	24,02
2a	STERRE K0_M2		24,48	29,37
2b	STERRE ka_M1		12,39	14,87
2c	STERRE ka_M2		16,00	19,20
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		41,32	33,05
4a	SOVR. STATICO k0_M2		50,52	40,42
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		10,70	8,56
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		13,82	11,06
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		15,70	12,56
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		18,47	14,78
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		11,62	9,29
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		13,25	10,60
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		11,91	9,53
8	INERZIA VERT (BASSO)	4,77		

### 11.1. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate per il piedritto ed adottate per le verifiche strutturali.

#### 11.1.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Base piedritto	2_SLU_STR	34,38	88,00	80,81

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$V_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} = 10.79 \text{ kN/m}$$

$$M_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} \times h = 10.79 \times (6.80 / 2 + 2.50) = 63.61 \text{ kNm/m}$$

### 11.1.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Base piedritto _QP	1_QP	34,38	20,02
Base piedritto _FR	2_FR	34,38	51,00
Base piedritto _CAR	2_CAR	34,38	61,33

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

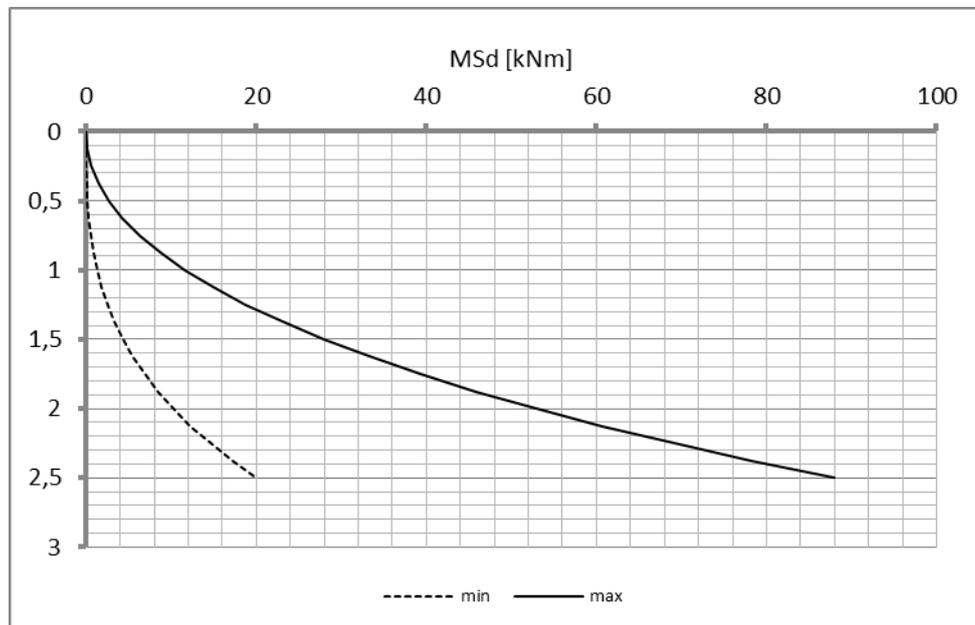
$$M_{Sd,QP,barriera} = F_{h,v,QP} \times h = 0.00 \text{ kNm}$$

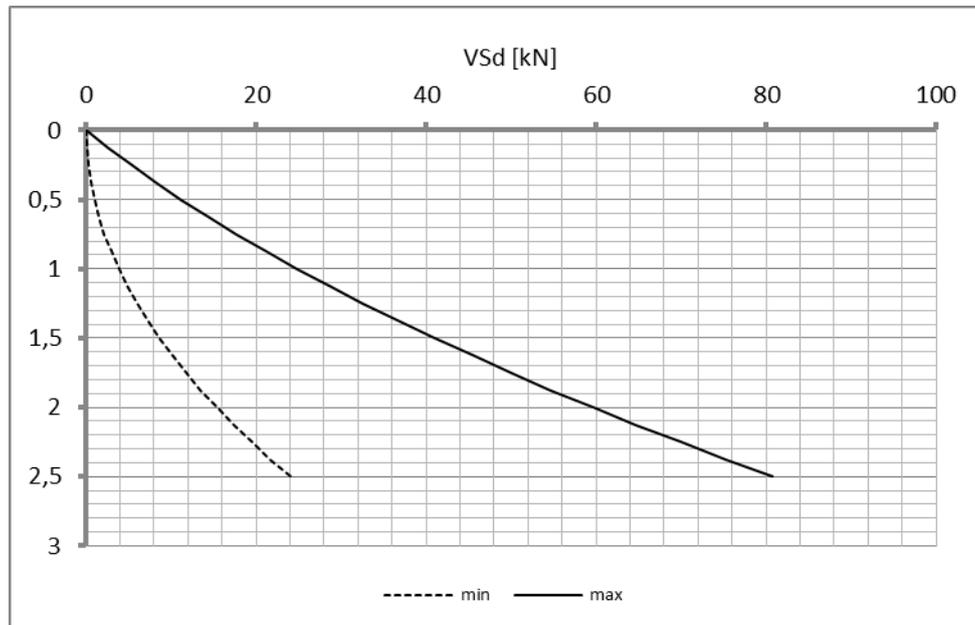
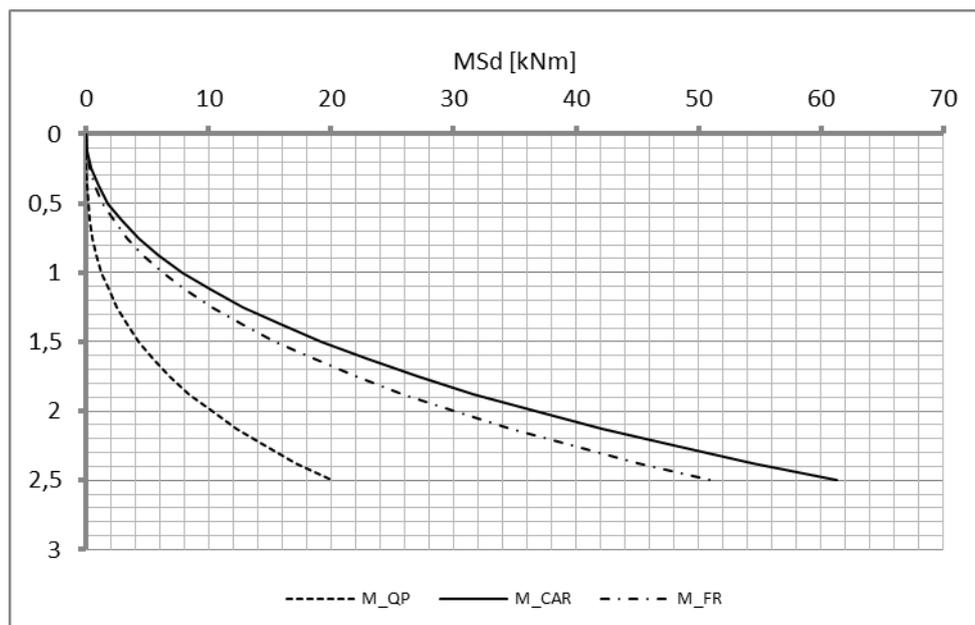
$$M_{Sd,CAR,barriera} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 2.50) = 36.29 \text{ kNm /m}$$

## 11.2. Diagrammi di involuppo SLU-SLV

### 11.2.1. Piedritti

#### Momento



Taglio**11.3. Diagrammi di inviluppo SLE****11.3.1. Piedritti**

## 11.4. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

### 11.4.1. Piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{dk}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_d/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,96			
n, lungo termine =	11,08 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	700 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	20	84	1570,7963
2	5	20	616	1570,7963
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	66	1005,3096
inferiore	5	16	634	1005,3096

11.4.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																																																						
CRITERI DI VERIFICA																																																																																						
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																																																						
<b>Calcestruzzo</b>																																																																																						
$\alpha_{cc}$		0,85																																																																																				
$\gamma_c$		1,50																																																																																				
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																																																				
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	$=f_{ctm} / 1,2$																																																																																			
<b>Acciaio</b>																																																																																						
$\gamma_s$		1,15																																																																																				
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																																																				
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																																																				
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																																																						
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																																														
2_SLU_STR	-	34,4	134,3	14398,65	-1229,32	392,29	-392,29	34%																																																																														
<u>Sezione:</u>																																																																																						
				<i>Fibre compresse Superiori</i>																																																																																		
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																																																																
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																																																																
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																																																
				$\epsilon_{s,min}$	-2,99	%																																																																																
				d	616,00	mm																																																																																
				x/d	0,10																																																																																	
<u>Dominio M-N</u>																																																																																						
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> <th colspan="3"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #90EE90;"> <td>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>34,4</td> <td>134,3</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="3"></td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]				2_SLU_STR	-	34,4	134,3																																																																		
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																																															
				2_SLU_STR	-	34,4	134,3																																																																															

11.4.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	700 mm			
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		5	20	93	1571
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1571 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	93 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	34,38 kN
Taglio	$V_{Ed}$	77,7 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	607 mm
Coefficiente	k	1,57
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,26%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,05 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,40 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	246,21 kN
Resistenza al taglio senza armatura	$V_{rd}$	246,21 kN
Verifica		0,32 <i>Verifica soddisfatta</i>

11.4.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	34,4	86,0	Msd<Mf	0,200	239,70	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	1_QP	-	34,4	20,0	-0,44	12,32	-4,03	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	34,4	86,0	-1,93	86,24	-13,21	Sezione parzializzata	

## 12. PIEDRITTI MURI "U" – TRATTO 3 – sp = 110cm

### 12.1. Geometria della struttura

#### Dimensioni geometriche trasversali:

- $H_{\text{pied}}$  = 5.50 m
- $S_{\text{p,sup}}$  = 0.40 m
- $S_{\text{p,inf}}$  = 1.10 m

La porzione di piedritto non è interessata dalla falda.

### 12.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

Si riportano di seguito le pressioni statiche e sismiche esercitate sui piedritti dal terreno, dalla falda e dall'azione sismica, per i casi di carico fondamentali.

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,696	11,054	0,000	2,773	1,386
0,275	5,500	5,500	2,114	0,000	15,696	11,054	0,000	3,016	1,508
0,550	11,000	11,000	4,228	0,000	15,696	11,054	0,000	3,258	1,629
0,825	16,500	16,500	6,342	0,000	15,696	11,054	0,000	3,501	1,750
1,100	22,000	22,000	8,455	0,000	15,696	11,054	0,000	3,743	1,872
1,375	27,500	27,500	10,569	0,000	15,696	11,054	0,000	3,986	1,993
1,650	33,000	33,000	12,683	0,000	15,696	11,054	0,000	4,229	2,114
1,925	38,500	38,500	14,797	0,000	15,696	11,054	0,000	4,471	2,236
2,200	44,000	44,000	16,911	0,000	15,696	11,054	0,000	4,714	2,357
2,475	49,500	49,500	19,025	0,000	15,696	11,054	0,000	4,957	2,478
2,750	55,000	55,000	21,139	0,000	15,696	11,054	0,000	5,199	2,600
3,025	60,500	60,500	23,252	0,000	15,696	11,054	0,000	5,442	2,721
3,300	66,000	66,000	25,366	0,000	15,696	11,054	0,000	5,684	2,842
3,575	71,500	71,500	27,480	0,000	15,696	11,054	0,000	5,927	2,964
3,850	77,000	77,000	29,594	0,000	15,696	11,054	0,000	6,170	3,085
4,125	82,500	82,500	31,708	0,000	15,696	11,054	0,000	6,412	3,206
4,400	88,000	88,000	33,822	0,000	15,696	11,054	0,000	6,655	3,327
4,675	93,500	93,500	35,936	0,000	15,696	11,054	0,000	6,898	3,449
4,950	99,000	99,000	38,050	0,000	15,696	11,054	0,000	7,140	3,570
5,225	104,500	104,500	40,163	0,000	15,696	11,054	0,000	7,383	3,691
5,500	110,000	110,000	42,277	0,000	15,696	11,054	0,000	7,625	3,813
5,500	110,000	110,000	42,277	0,000	15,696	11,054	0,000	7,625	3,813
5,500	110,000	110,000	42,277	0,000	15,696	11,054	0,000	7,625	3,813

Dove la coordinata verticale z è positiva verso il basso con l'origine posta in sommità al piedritto.

### 12.3. Riassunto delle sollecitazioni alla base del piedritto (in asse soletta)

Si riportano di seguito le sollecitazioni calcolate alla base del piedritto, in asse soletta, per tutti i casi di carico:

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	103,13		
2	STERRE k0_M1		213,15	116,26
2a	STERRE K0_M2		260,65	142,17
2b	STERRE ka_M1		131,93	71,96
2c	STERRE ka_M2		170,35	92,92
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		237,41	86,33
4a	SOVR. STATICO k0_M2		290,31	105,57
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		70,84	25,76
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		91,48	33,27
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		167,20	60,80
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		196,68	71,52
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		123,71	44,99
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		141,10	51,31
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		78,64	28,60
8	INERZIA VERT (BASSO)	14,30		

### 12.4. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate per il piedritto ed adottate per le verifiche strutturali.

#### 12.4.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Base piedritto	2_SLU_STR	103,13	633,20	280,64

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$V_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} = 10.79 \text{ kN/m}$$

$$M_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} \times h = 10.79 \times (6.80 / 2 + 5.50) = 96.03 \text{ kNm/m}$$

### 12.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Base piedritto _QP	1_QP	103,13	213,15
Base piedritto _FR	2_FR	103,13	391,20
Base piedritto _CAR	2_CAR	103,13	450,56

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

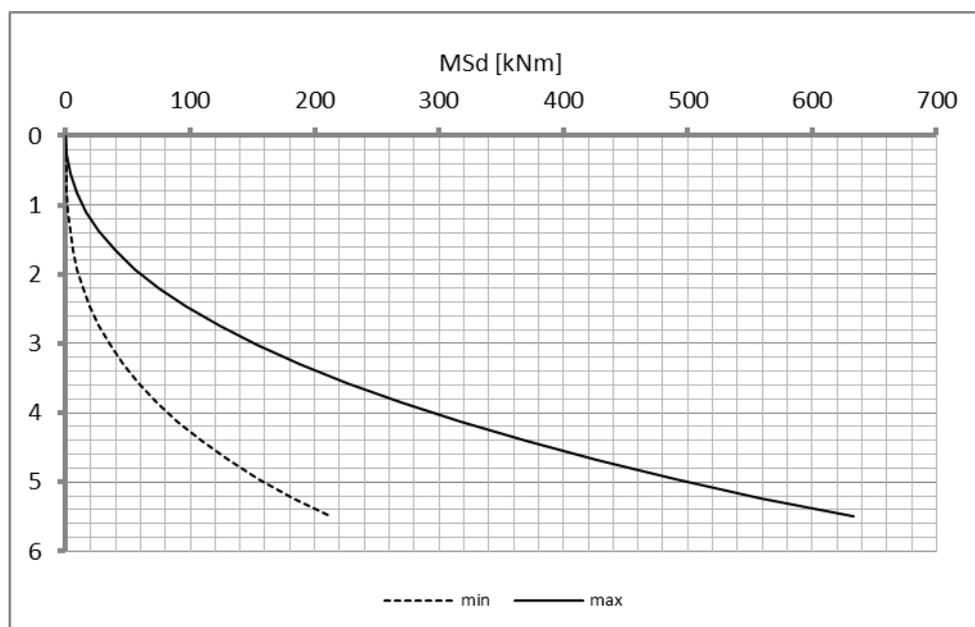
$$M_{Sd,QP,barriera} = F_{h,v,QP} \times h = 0.00 \text{ kNm}$$

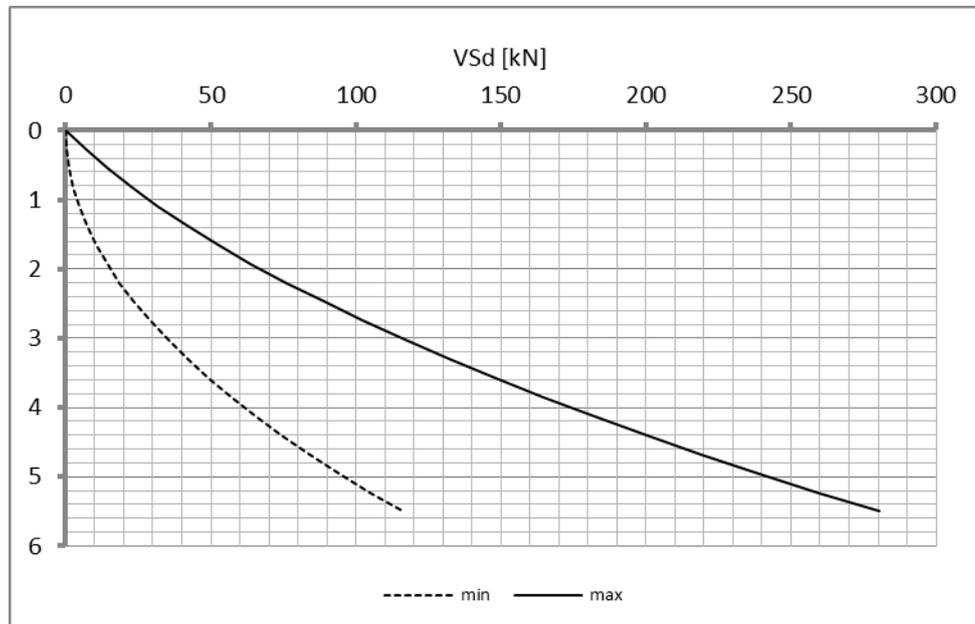
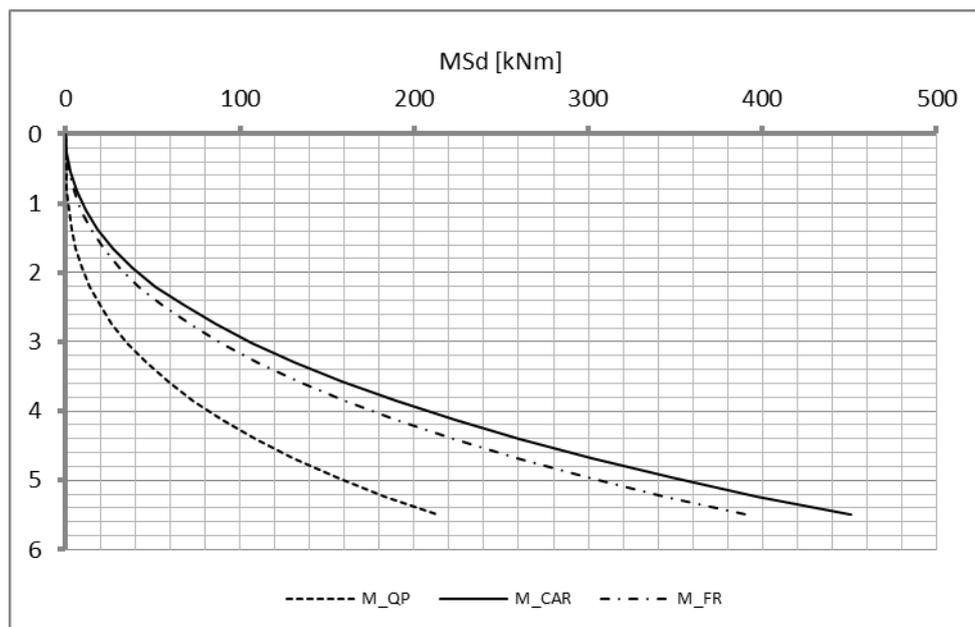
$$M_{Sd,CAR,barriera} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 5.50) = 54.74 \text{ kNm /m}$$

### 12.5. Diagrammi di involuppo SLU-SLV

#### 12.5.1. Piedritti

##### Momento



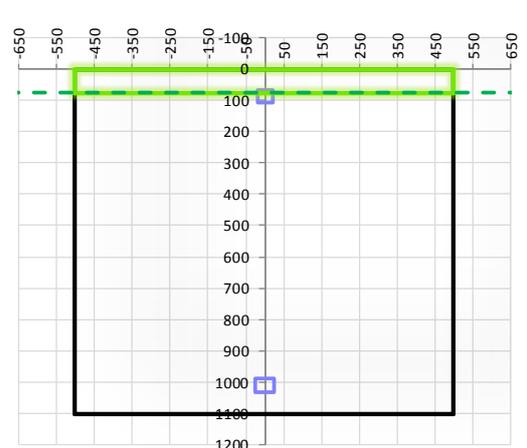
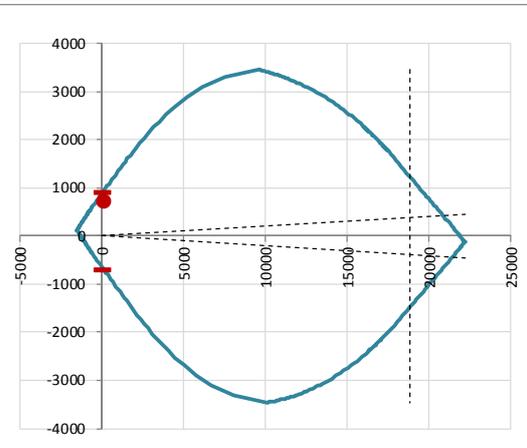
Taglio**12.6. Diagrammi di inviluppo SLE***12.6.1. Piedritti*

## 12.7. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

### 12.7.1. Piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{dk}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,92			
n, lungo termine =	10,85 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	1100 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	20	88	1570,7963
2	5	24	1010	2261,9467
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	68	1570,7963
inferiore	5	20	1032	1570,7963

12.7.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																					
CRITERI DI VERIFICA																																																					
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$		0,85																																																			
$\gamma_c$		1,50																																																			
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																			
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																		
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$		1,15																																																			
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																			
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																			
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
2_SLU_STR	-	103,1	729,2	22194,44	-1499,77	929,03	-680,19	78%																																													
<u>Sezione:</u>																																																					
				<i>Fibre compresse</i>		<i>Superiori</i>																																															
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-4,29	%																																															
				d	1010,00	mm																																															
				x/d	0,08																																																
<u>Dominio M-N</u>																																																					
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #90EE90;"> <td>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>103,1</td> <td>729,2</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	103,1	729,2																																				
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																														
				2_SLU_STR	-	103,1	729,2																																														

12.7.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

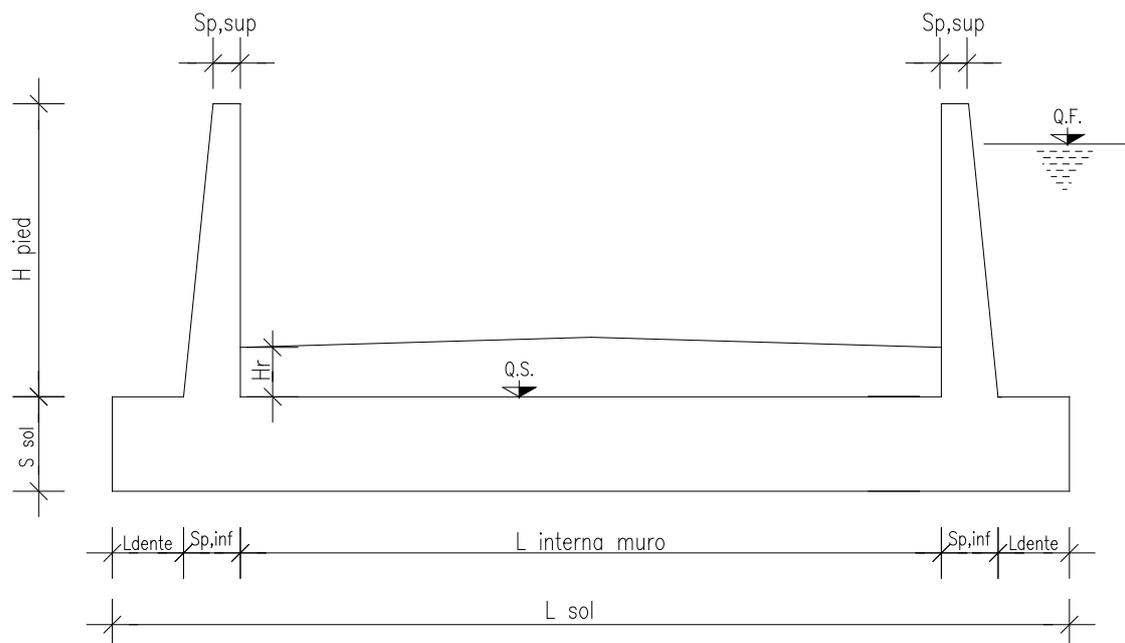
GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b	1000 mm		
Altezza	h	1100 mm		
<i>Barre tese</i>	<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1	5	20	93	1571
strato2	0	0	0	0
strato3	0	0	0	0
strato4	0	0	0	0
strato5	0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1571 mm <sup>2</sup>		
Posizione della barra equivalente	$c^*$	93 mm		

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	103,13 kN
Taglio	$V_{Ed}$	290,93 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	1007 mm
Coefficiente	k	1,45
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,16%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,09 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$V_{min}$	0,35 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	367,15 kN
Resistenza al taglio senza armatura	$V_{rd}$	367,15 kN
Verifica		0,79 <i>Verifica soddisfatta</i>

12.7.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]		
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	103,1	505,3	Msd<Mf	0,200	602,44		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Quasi permanente</b>	1_QP	-	103,1	213,2	-1,90	79,46	-19,07	Sezione parzializzata	
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	103,1	505,3	-4,45	217,20	-42,02	Sezione parzializzata	

**13. MURO AD "U" - TIPOLOGIA 1 - H = 9.00m****13.1. Geometria della struttura****Dimensioni geometriche trasversali:**

- $L_{sol}$  = 15.60 m
- $S_{sol}$  = 1.60 m
- $L_{int,muro}$  = 12.20 m
- $L_{dente}$  = 0.20 m
- $H_{pied}$  = 9.00 m
- $S_{p,sup}$  = 0.40 m
- $S_{p,inf}$  = 1.50 m
- Q.F. La falda si trova al di sotto del piano di fondazione dei muri e pertanto non interessa la struttura.

### 13.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

Si riportano di seguito le pressioni statiche e sismiche esercitate sui piedritti dal terreno, dalla falda e dall'azione sismica, per i casi di carico fondamentali.

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,696	19,697	0,000	2,773	1,386
0,450	9,000	9,000	3,459	0,000	15,696	19,697	0,000	3,154	1,577
0,900	18,000	18,000	6,918	0,000	15,696	19,697	0,000	3,535	1,768
1,350	27,000	27,000	10,377	0,000	15,696	19,697	0,000	3,917	1,958
1,800	36,000	36,000	13,836	0,000	15,696	19,697	0,000	4,298	2,149
2,250	45,000	45,000	17,295	0,000	15,696	19,697	0,000	4,679	2,340
2,700	54,000	54,000	20,754	0,000	15,696	19,697	0,000	5,061	2,530
3,150	63,000	63,000	24,213	0,000	15,696	19,697	0,000	5,442	2,721
3,600	72,000	72,000	27,672	0,000	15,696	19,697	0,000	5,823	2,912
4,050	81,000	81,000	31,131	0,000	15,696	19,697	0,000	6,204	3,102
4,500	90,000	90,000	34,590	0,000	15,696	19,697	0,000	6,586	3,293
4,950	99,000	99,000	38,050	0,000	15,696	19,697	0,000	6,967	3,483
5,400	108,000	108,000	41,509	0,000	15,696	19,697	0,000	7,348	3,674
5,850	117,000	117,000	44,968	0,000	15,696	19,697	0,000	7,729	3,865
6,300	126,000	126,000	48,427	0,000	15,696	19,697	0,000	8,111	4,055
6,750	135,000	135,000	51,886	0,000	15,696	19,697	0,000	8,492	4,246
7,200	144,000	144,000	55,345	0,000	15,696	19,697	0,000	8,873	4,437
7,650	153,000	153,000	58,804	0,000	15,696	19,697	0,000	9,255	4,627
8,100	162,000	162,000	62,263	0,000	15,696	19,697	0,000	9,636	4,818
8,550	171,000	171,000	65,722	0,000	15,696	19,697	0,000	10,017	5,009
9,000	180,000	180,000	69,181	0,000	15,696	19,697	0,000	10,398	5,199
9,400	188,000	188,000	72,256	0,000	15,696	19,697	0,000	10,737	5,369
9,800	196,000	196,000	75,330	0,000	15,696	19,697	0,000	11,076	5,538

Dove la coordinata verticale z è positiva verso il basso con l'origine posta in sommità al piedritto.

### 13.3. Riassunto delle sollecitazioni alla base del piedritto (in asse soletta)

Si riportano di seguito le sollecitazioni calcolate alla base del piedritto, in asse soletta, per tutti i casi di carico:

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	244,73		
2	STERRE k0_M1		1205,79	369,12
2a	STERRE K0_M2		1474,48	451,37
2b	STERRE ka_M1		746,31	228,46
2c	STERRE ka_M2		963,70	295,01
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		753,74	153,82
4a	SOVR. STATICO k0_M2		921,70	188,10
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		224,92	45,90
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		290,44	59,27
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		945,85	193,03
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		1112,61	227,06
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		699,83	142,82
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		798,23	162,90
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		332,52	67,86
8	INERZIA VERT (BASSO)	33,93		

### 13.4. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate per il piedritto ed adottate per le verifiche strutturali.

#### 13.4.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Filo soletta _V_max	2_SLU_STR	213,75	2167,68	616,61
1/4 spessore soletta_M_max	2_SLV_STR	228,99	2423,51	662,80
Asse soletta_M_max	2_SLV_STR	244,73	2698,13	710,59

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$V_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} = 10.79 \text{ kN/m}$$

$$M_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} \times h = 10.79 \times (6.80 / 2 + 9.40) = 138.11 \text{ kNm/m}$$

#### 13.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Filo soletta _QP	1_QP	213,75	933,94
Filo soletta _FR	2_FR	213,75	1410,72
Filo soletta _CAR	2_CAR	213,75	1569,65
1/4 soletta _QP	1_QP	228,99	1064,08
1/4 soletta _FR	2_FR	228,99	1584,18
1/4 soletta _CAR	2_CAR	228,99	1757,55

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$M_{Sd,QP,barriera} = F_{h,v,QP} \times h = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd,CAR,barriera,filo} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 9.00) = 76.26 \text{ kNm /m}$$

$$M_{Sd,CAR,barriera,filo} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 9.40) = 78.72 \text{ kNm /m}$$

### 13.5. Riassunto massime sollecitazioni soletta

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate nella soletta di fondazione ed adottate per le verifiche strutturali.

#### 13.5.1. Combinazioni SLU - SLV

	CC	x[m]	M[kNm]	V[kN]
Filo piedritto SX_V_max	1_SLU_STR	0,750	2456,897	323,097
Filo piedritto DX_V_max	3_SLU_STR	12,845	1008,766	-290,466
1/4 spessore piedritto_M_max	2_SLV_STR	0,375	2604,892	252,282
Asse piedritto_M_max	2_SLV_STR	0,000	2698,135	244,728
Mezzeria_M_min	2_SLV_STR	9,917	-41,305	-45,058

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$M_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} \times h = 10.79 \times (6.80 / 2 + 9.80) = 142.43 \text{ kNm/m}$$

#### 13.5.2. Combinazioni SLE

	CC	x[m]	M[kNm]
Filo piedritto _QP	1_QP	0,750	1031,59
Filo piedritto _FR	2_FR	0,750	1591,37
Filo piedritto _CAR	2_CAR	0,750	1777,97

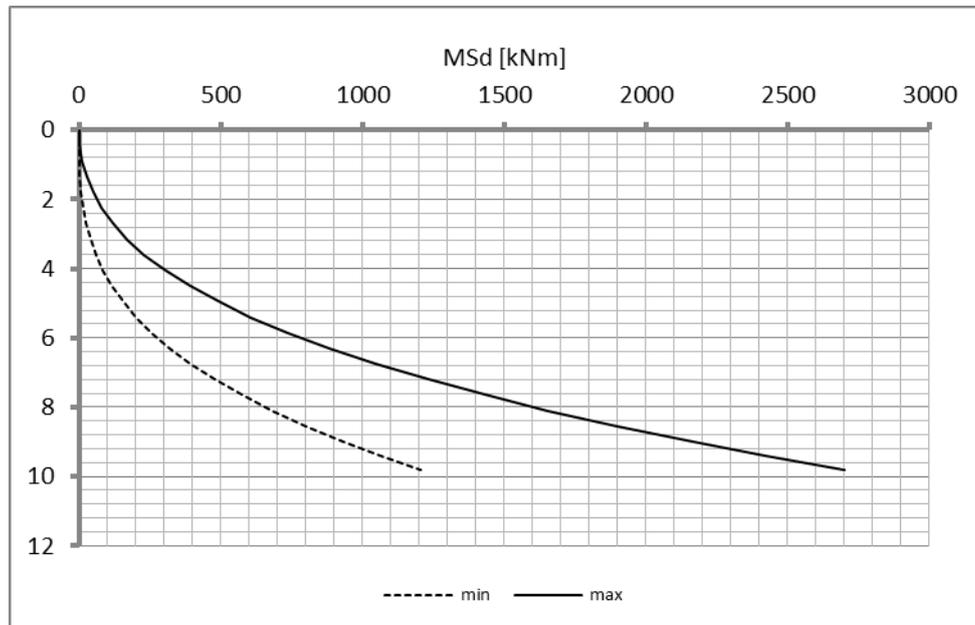
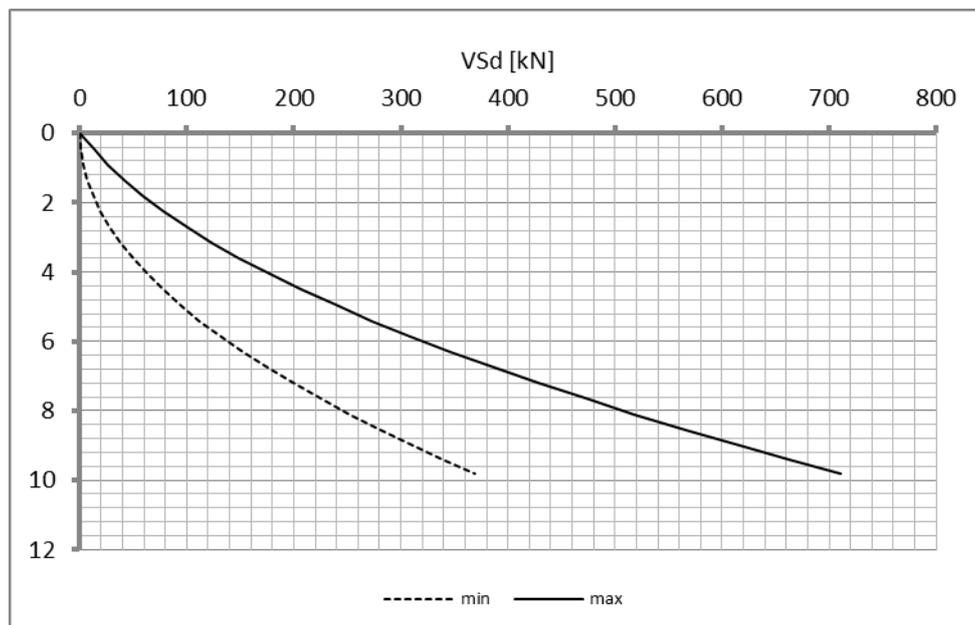
1/4 piedritto _QP	1_QP	0,375	1116,28
1/4 piedritto _FR	2_FR	0,375	1680,17
1/4 piedritto _CAR	2_CAR	0,375	1868,13

Mezzeria _QP	1_QP	6,745	362,72
Mezzeria _FR	1_FR	6,745	362,72
Mezzeria _CAR	1_CAR	6,745	362,72

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

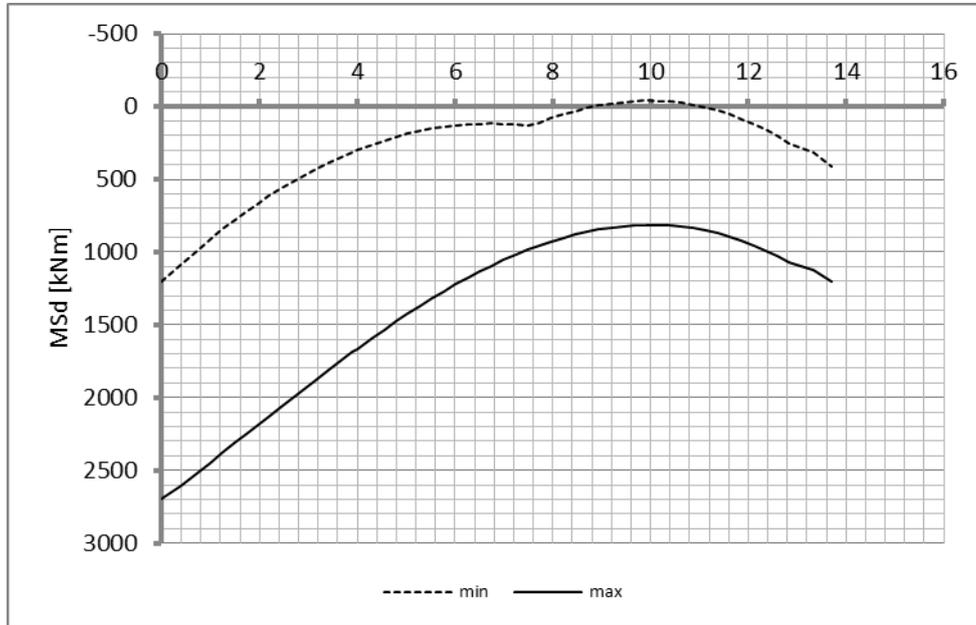
$$M_{Sd,QP,barriera} = F_{h,v,QP} \times h = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd,CAR,barriera} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 9.80) = 81.18 \text{ kNm /m}$$

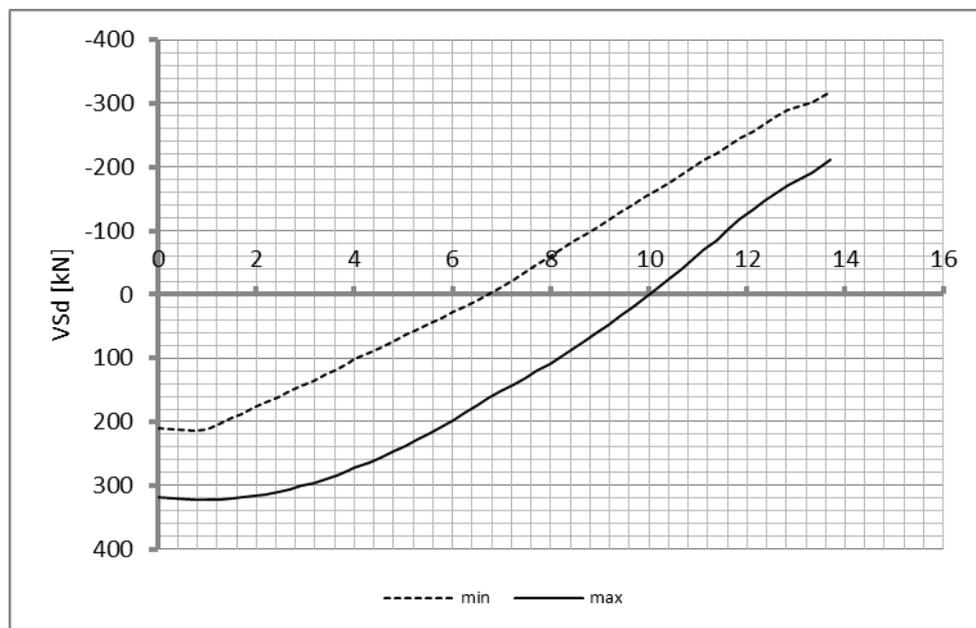
**13.6. Diagrammi di involucro SLU-SLV****13.6.1. Piedritti**MomentoTaglio

**13.6.2. Soletta**

Momento

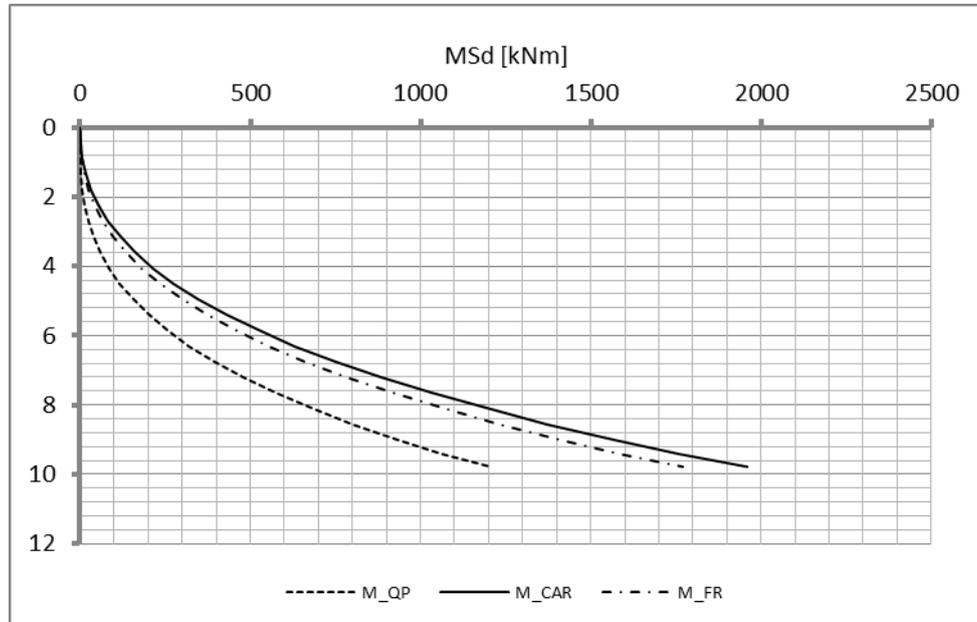


Taglio

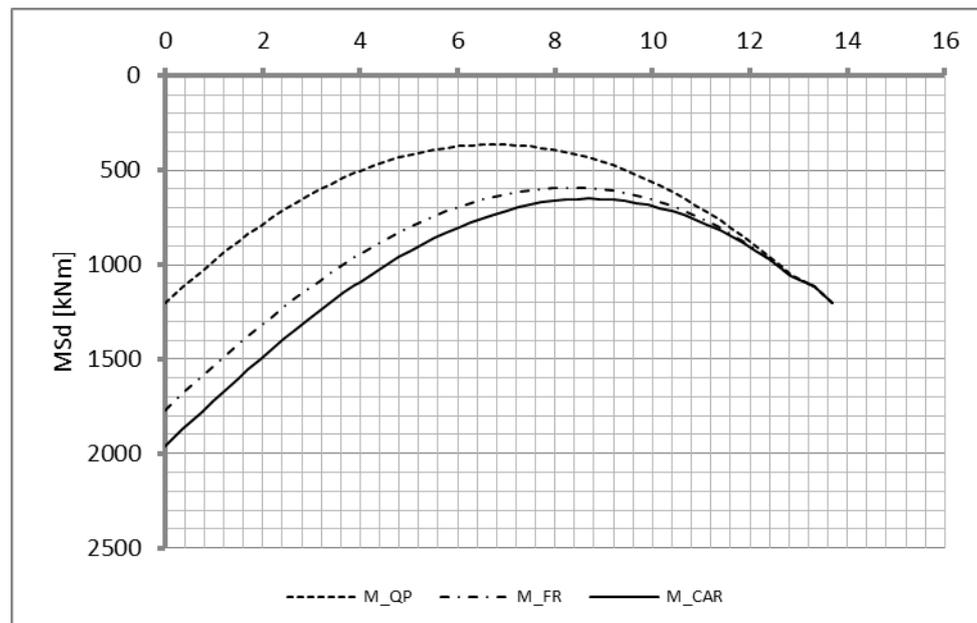


### 13.7. Diagrammi di involucro SLE

#### 13.7.1. Piedritti



#### 13.7.2. Soletta



### 13.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

#### 13.8.1. Soletta – nodo piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE					
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>					
<b>Calcestruzzo:</b>					
Classe	C25/30				
$R_{ck}$	30,00 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{dk}$	24,90 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{cm}$	32,90 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctm}$	2,56 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctm}$	3,07 N/mm <sup>2</sup>				
$E_{cm}$	31447,16 N/mm <sup>2</sup>				
$\epsilon_{c2}$	0,200 %				
$\epsilon_{c3}$	0,175 %				
$\epsilon_{c4}$	0,070 %				
$\epsilon_{cu}$	0,350 %				
n	2,000				
tipo cemento	N				
<b>Acciaio:</b>					
Classe	B450C				
Tipologia comportament	EL-PL				
$k = (f_t/f_y)_k$	1				
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>				
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>				
$\epsilon_{su}$	7,500 %				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>					
n, breve termine	6,06 = $E_s/E_c$				
umidità relativa	75 %				
giorno app. carico	15 giorni				
periodo lungo termine	50 anni				
coefficiente di viscosità	2,08				
n, lungo termine =	12,57 = $E_s/E_{cm}$				
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>					
<b>Sezione:</b>					
B=	1000 mm				
H=	1600 mm				
<b>Armature:</b>					
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>		<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>
1	5	26	73		2654,6458
2	10	26	1527		5309,2916
3	5	26	1475		2654,6458
4	5	26	1423		2654,6458
5					0
6					0
7				0	
8				0	
9				0	
10				0	
<b>Armatura di ripartizione:</b>					
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>	
superiore	5	20	50	1570,7963	
inferiore	5	20	1550	1570,7963	



13.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C25/30
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	24,9 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b			1000 mm
Altezza	h			1600 mm
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>
strato1		10	26	93
strato2		5	26	145
strato3		5	26	197
strato4		0	0	0
strato5		0	0	0
Area barre tese	$A_s$			10619 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$			132 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	323,08 kN

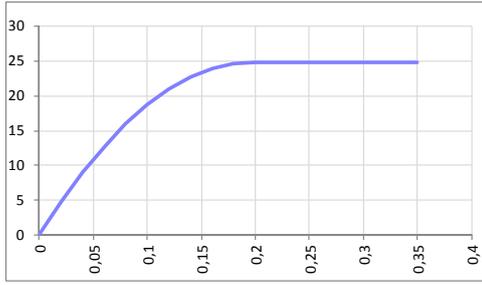
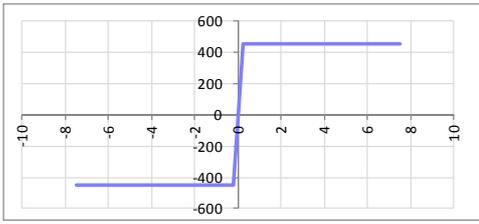
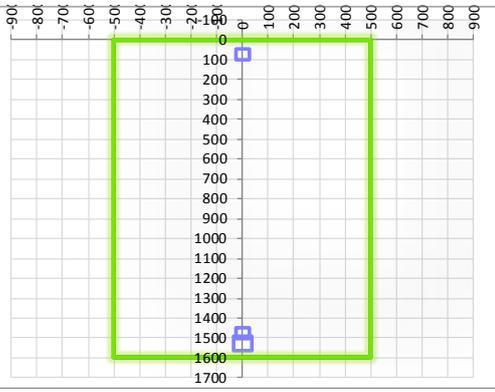
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	1468 mm
Coefficiente	k	1,37
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,72%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	2,82 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,28 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	410,72 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>632,20 kN</b>
Verifica		0,51 <b>Verifica soddisfatta</b>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

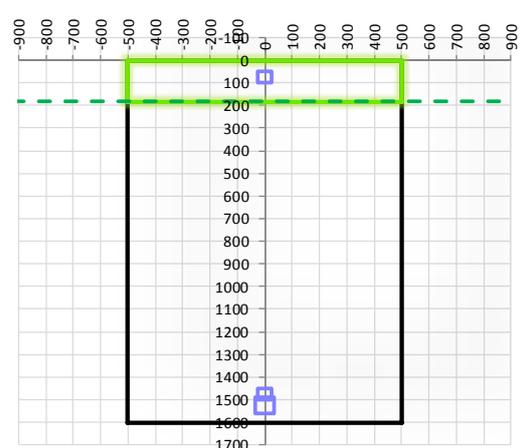
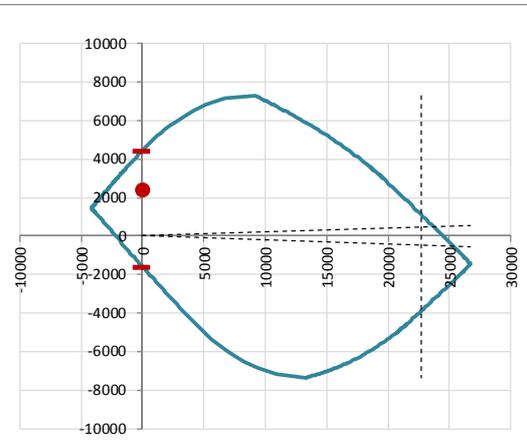
13.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
$k_t =$	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
$k_1 =$	0,80	(0,8 = barre ad aderenza migliorata; 1,6 = barre lisce e trefoli)							
$k_3 =$	3,40	(valore raccomandato)							
$k_4 =$	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	1859,2	0,166	0,300	1226,40	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Quasi permanente</b>	1_QP	-	0,0	1116,3	-2,85	82,37	-36,76	Sezione parzializzata	
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	1949,3	-4,98	143,84	-64,19	Sezione parzializzata	

**13.8.1. Soletta – sezione a 150cm da filo piedritto**

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C25/30			
$R_{ck}$	30,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{dk}$	24,90 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	32,90 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,56 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,07 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	31447,16 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	6,06 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	2,08			
n, lungo termine =	12,57 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine		
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine		
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	1600 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	26	73	2654,6458
2	10	26	1527	5309,2916
3	5	26	1475	2654,6458
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	1550	1570,7963
				

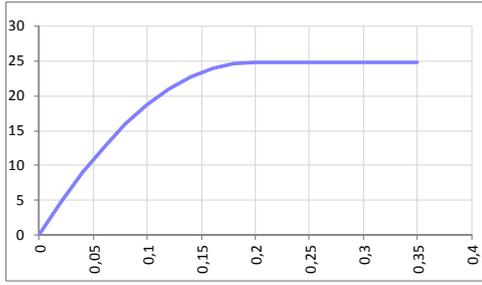
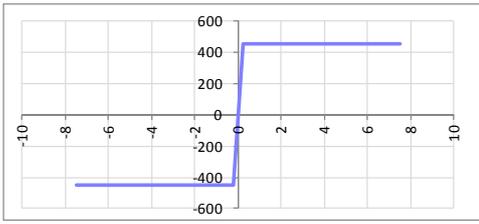
13.8.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																									
CRITERI DI VERIFICA																																																									
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																									
<b>Calcestruzzo</b>																																																									
$\alpha_{cc}$		0,85																																																							
$\gamma_c$		1,50																																																							
$f_{cd}$		16,60 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ct,eff}$		2,13 N/mm <sup>2</sup>	$=f_{ctm} / 1,2$																																																						
<b>Acciaio</b>																																																									
$\gamma_s$		1,15																																																							
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																							
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																									
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																	
2_SLU_STR	-	0,0	2455,5	26731,10	-4155,10	4471,60	-1583,87	55%																																																	
<u>Sezione:</u>																																																									
				<b>Fibre compresse Superiori</b> $\sigma_{c,max}$ = 14,11 N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm <sup>2</sup> $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -2,59 % d = 1527,00 mm x = 181,88 mm x/d = 0,12																																																					
<u>Dominio M-N</u>																																																									
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #90EE90;"> <td>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>0,0</td> <td>2455,5</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	0,0	2455,5																																								
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																						
2_SLU_STR	-	0,0	2455,5																																																						

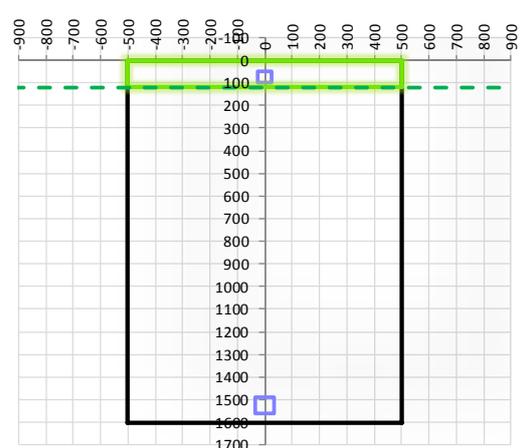
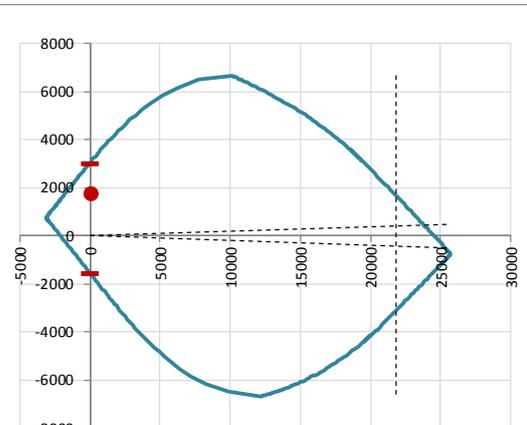
13.8.1.2. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>								
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Ordinarie</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50				
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>	
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]	
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	1683,1	0,201	0,300	1167,74	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$	
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
<b>Quasi permanente</b>	1_QP	-	0,0	876,1	-2,40	81,93	-30,42	Sezione parzializzata
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	1683,1	-4,62	157,39	-58,44	Sezione parzializzata

**13.8.2. Soletta – sezione a 400cm da filo piedritto**

SEZIONE RETTANGOLARE																																																								
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>																																																								
<b>Calcestruzzo:</b>																																																								
Classe	C25/30																																																							
$R_{ck}$	30,00 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{dk}$	24,90 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{cm}$	32,90 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctm}$	2,56 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctm}$	3,07 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$E_{cm}$	31447,16 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{c2}$	0,200 %																																																							
$\epsilon_{c3}$	0,175 %																																																							
$\epsilon_{c4}$	0,070 %																																																							
$\epsilon_{cu}$	0,350 %																																																							
n	2,000																																																							
tipo cemento	N																																																							
																																																								
<b>Acciaio:</b>																																																								
Classe	B450C																																																							
Tipologia comportamentale	EL-PL																																																							
$k = (f_t/f_y)_k$	1																																																							
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{su}$	7,500 %																																																							
																																																								
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>																																																								
n, breve termine	6,06 = $E_s/E_c$																																																							
umidità relativa	75 %																																																							
giorno app. carico	15 giorni																																																							
periodo lungo termine	50 anni																																																							
coefficiente di viscosità	2,08																																																							
n, lungo termine =	12,57 = $E_s/E_{cm}$																																																							
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine																																																						
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine																																																						
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>																																																								
<b>Sezione:</b>																																																								
B=	1000 mm																																																							
H=	1600 mm																																																							
<b>Armature:</b>																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td style="background-color: #e0ffe0;">5</td><td style="background-color: #e0ffe0;">26</td><td style="background-color: #e0ffe0;">73</td><td style="background-color: #e0ffe0;">2654,6458</td></tr> <tr><td>2</td><td style="background-color: #e0ffe0;">10</td><td style="background-color: #e0ffe0;">26</td><td style="background-color: #e0ffe0;">1527</td><td style="background-color: #e0ffe0;">5309,2916</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #e0ffe0;">0</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #e0ffe0;">0</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #e0ffe0;">0</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #e0ffe0;">0</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #e0ffe0;">0</td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #e0ffe0;">0</td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #e0ffe0;">0</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #e0ffe0;">0</td></tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>	1	5	26	73	2654,6458	2	10	26	1527	5309,2916	3				0	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>																																																				
1	5	26	73	2654,6458																																																				
2	10	26	1527	5309,2916																																																				
3				0																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				
<b>Armatura di ripartizione:</b>																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>superiore</td> <td style="background-color: #e0ffe0;">5</td> <td style="background-color: #e0ffe0;">20</td> <td style="background-color: #e0ffe0;">58</td> <td style="background-color: #e0ffe0;">1570,7963</td> </tr> <tr> <td>inferiore</td> <td style="background-color: #e0ffe0;">5</td> <td style="background-color: #e0ffe0;">20</td> <td style="background-color: #e0ffe0;">1542</td> <td style="background-color: #e0ffe0;">1570,7963</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>	superiore	5	20	58	1570,7963	inferiore	5	20	1542	1570,7963																																									
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>																																																				
superiore	5	20	58	1570,7963																																																				
inferiore	5	20	1542	1570,7963																																																				

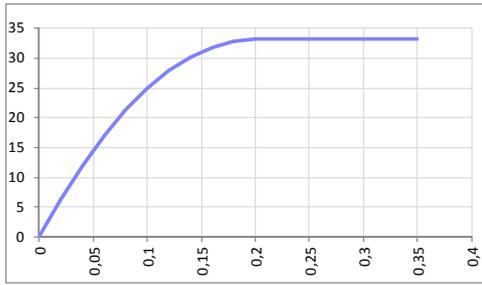
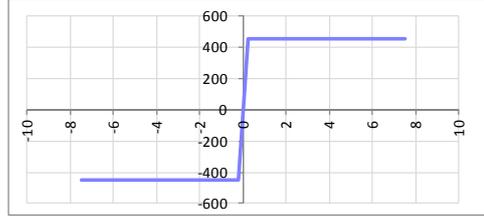
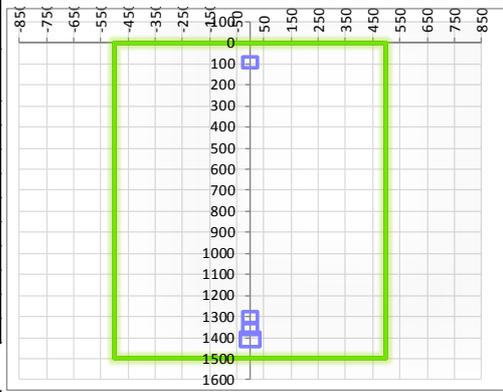
13.8.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																					
CRITERI DI VERIFICA																																																					
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$		0,85																																																			
$\gamma_c$		1,50																																																			
$f_{cd}$		16,60 N/mm <sup>2</sup>																																																			
$f_{ct,eff}$		2,13 N/mm <sup>2</sup>	$=f_{ctm} / 1,2$																																																		
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$		1,15																																																			
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																			
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																			
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
2_SLU_STR	-	0,0	1779,6	25692,32	-3116,32	3052,70	-1546,35	58%																																													
<u>Sezione:</u>																																																					
				<p><i>Fibre compresse Superiori</i></p> <p><math>\sigma_{c,max}</math> = 14,11 N/mm<sup>2</sup></p> <p><math>\sigma_{s,min}</math> = -391,30 N/mm<sup>2</sup></p> <p><math>\epsilon_{c,max}</math> = 0,35 %</p> <p><math>\epsilon_{s,min}</math> = -4,14 %</p> <p>d = 1527,00 mm</p> <p>x = 119,00 mm</p> <p>x/d = 0,08</p>																																																	
<u>Dominio M-N</u>																																																					
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #90EE90;">Combinazione</th> <th style="background-color: #90EE90;">fram/nodo</th> <th style="background-color: #90EE90;">NSd [kN]</th> <th style="background-color: #90EE90;">MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #90EE90;">2_SLU_STR</td> <td style="background-color: #90EE90;">-</td> <td style="background-color: #90EE90;">0,0</td> <td style="background-color: #90EE90;">1779,6</td> </tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	0,0	1779,6																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
2_SLU_STR	-	0,0	1779,6																																																		

13.8.2.2. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]		
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	1174,3	0,206	0,300	1099,64		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Quasi permanente</b>	1_QP	-	0,0	506,6	-1,57	67,96	-19,23	Sezione parzializzata	
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	1174,3	-3,65	157,54	-44,57	Sezione parzializzata	

**13.8.3. Piedritto**

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
R <sub>ck</sub>	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ck</sub>	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>cm</sub>	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.05</sub>	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.95</sub>	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>cm</sub>	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>c2</sub>	0,200 %			
ε <sub>c3</sub>	0,175 %			
ε <sub>c4</sub>	0,070 %			
ε <sub>cu</sub>	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamer	EL-PL			
k = (f <sub>t</sub> /f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub>	1			
f <sub>yk</sub>	450 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>tk</sub>	540 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>s</sub>	200000 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>su</sub>	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,89			
n, lungo termine=	10,73 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>			
n, verifiche QP	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>			
n, verifiche CAR	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>			
	lungo termine breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	1500 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	26	91	2654,6458
2	10	26	1409	5309,2916
3	5	26	1357	2654,6458
4	5	26	1305	2654,6458
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	68	1570,7963
inferiore	5	20	1432	1570,7963
				

13.8.3.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																																																									
CRITERI DI VERIFICA																																																																																									
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																																																									
<b>Calcestruzzo</b>																																																																																									
$\alpha_{cc}$		0,85																																																																																							
$\gamma_c$		1,50																																																																																							
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																																																							
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	$=f_{ctm} / 1,2$																																																																																						
<b>Acciaio</b>																																																																																									
$\gamma_s$		1,15																																																																																							
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																																																							
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																																																							
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																																																									
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																																																	
2_SLU_STR	-	229,0	2561,6	33413,87	-5193,87	5464,04	-1722,84	47%																																																																																	
<u>Sezione:</u>																																																																																									
				<i>Fibre compresse Superiori</i>																																																																																					
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																																																																			
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																																																																			
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																																																			
				$\epsilon_{s,min}$	-1,90	%																																																																																			
				d	1409,00	mm																																																																																			
				x/d	0,16																																																																																				
<u>Dominio M-N</u>																																																																																									
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #90EE90;"> <td>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>229,0</td> <td>2561,6</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]					2_SLU_STR	-	229,0	2561,6																																																																				
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																																																		
				2_SLU_STR	-	229,0	2561,6																																																																																		

13.8.3.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b			1000 mm	
Altezza	h			1500 mm	
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		10	26	93	5309
strato2		5	26	145	2655
strato3		5	26	197	2655
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$				10619 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$				132 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	213,75 kN
Taglio	$V_{Ed}$	627,4 kN

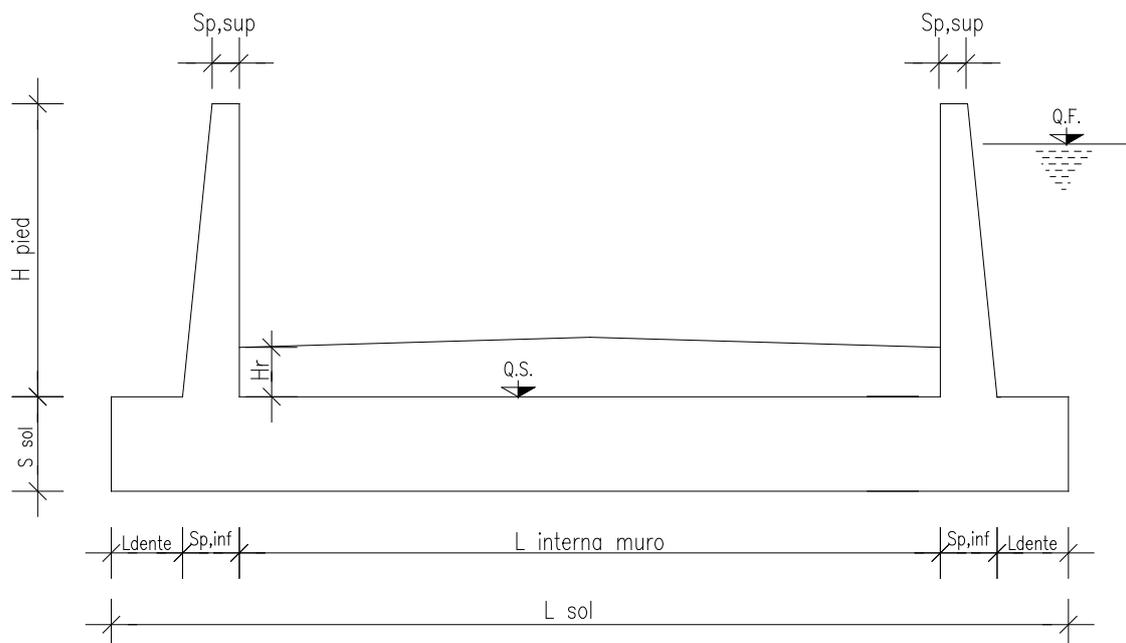
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	1368 mm
Coefficiente	k	1,38
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,78%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,14 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,33 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	477,63 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>699,53 kN</b>
Verifica		0,90 <i>Verifica soddisfatta</i>

13.8.3.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	213,8	1645,9	0,158	0,200	1366,80		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	1_QP	-	229,0	1064,1	-3,27	76,68	-40,90	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	229,0	1836,3	-5,54	139,10	-68,71	Sezione parzializzata	

## 14. MURO AD "U" - TIPOLOGIA 2 - H = 10.00m

### 14.1. Geometria della struttura



#### Dimensioni geometriche trasversali:

- $L_{sol}$  = 15.60 m
- $S_{sol}$  = 1.80 m
- $L_{int,muro}$  = 11.60 m
- $L_{dente}$  = 0.20 m
- $H_{pied}$  = 10.00 m
- $S_{p,sup}$  = 0.40 m
- $S_{p,inf}$  = 1.80 m
- Q.F. La falda si trova al di sotto del piano di fondazione dei muri e pertanto non interessa la struttura

## 14.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

Si riportano di seguito le pressioni statiche e sismiche esercitate sui piedritti dal terreno, dalla falda e dall'azione sismica, per i casi di carico fondamentali.

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,696	21,908	0,000	2,773	1,386
0,500	10,000	10,000	3,843	0,000	15,696	21,908	0,000	3,327	1,664
1,000	20,000	20,000	7,687	0,000	15,696	21,908	0,000	3,882	1,941
1,500	30,000	30,000	11,530	0,000	15,696	21,908	0,000	4,437	2,218
2,000	40,000	40,000	15,374	0,000	15,696	21,908	0,000	4,991	2,496
2,500	50,000	50,000	19,217	0,000	15,696	21,908	0,000	5,546	2,773
3,000	60,000	60,000	23,060	0,000	15,696	21,908	0,000	6,100	3,050
3,500	70,000	70,000	26,904	0,000	15,696	21,908	0,000	6,655	3,327
4,000	80,000	80,000	30,747	0,000	15,696	21,908	0,000	7,210	3,605
4,500	90,000	90,000	34,590	0,000	15,696	21,908	0,000	7,764	3,882
5,000	100,000	100,000	38,434	0,000	15,696	21,908	0,000	8,319	4,159
5,500	110,000	110,000	42,277	0,000	15,696	21,908	0,000	8,873	4,437
6,000	120,000	120,000	46,121	0,000	15,696	21,908	0,000	9,428	4,714
6,500	130,000	130,000	49,964	0,000	15,696	21,908	0,000	9,982	4,991
7,000	140,000	140,000	53,807	0,000	15,696	21,908	0,000	10,537	5,269
7,500	150,000	150,000	57,651	0,000	15,696	21,908	0,000	11,092	5,546
8,000	160,000	160,000	61,494	0,000	15,696	21,908	0,000	11,646	5,823
8,500	170,000	170,000	65,338	0,000	15,696	21,908	0,000	12,201	6,100
9,000	180,000	180,000	69,181	0,000	15,696	21,908	0,000	12,755	6,378
9,500	190,000	190,000	73,024	0,000	15,696	21,908	0,000	13,310	6,655
10,000	200,000	200,000	76,868	0,000	15,696	21,908	0,000	13,865	6,932
10,450	209,000	209,000	80,327	0,000	15,696	21,908	0,000	14,364	7,182
10,900	218,000	218,000	83,786	0,000	15,696	21,908	0,000	14,863	7,431

Dove la coordinata verticale z è positiva verso il basso con l'origine posta in sommità al piedritto.

### 14.3. Riassunto delle sollecitazioni alla base del piedritto (in asse soletta)

Si riportano di seguito le sollecitazioni calcolate alla base del piedritto, in asse soletta, per tutti i casi di carico:

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	346,62		
2	STERRE k0_M1		1659,10	456,63
2a	STERRE K0_M2		2028,81	558,39
2b	STERRE ka_M1		1026,88	282,63
2c	STERRE ka_M2		1326,00	364,96
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		932,44	171,09
4a	SOVR. STATICO k0_M2		1140,23	209,22
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		278,25	51,05
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		359,30	65,93
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		1301,44	238,80
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		1530,90	280,90
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		962,93	176,68
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		1098,32	201,53
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		523,82	96,11
8	INERZIA VERT (BASSO)	48,06		

#### 14.4. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate per il piedritto ed adottate per le verifiche strutturali.

##### 14.4.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Filo soletta _V_max	2_SLU_STR	300,00	2842,70	735,09
1/4 spessore soletta_M_max	2_SLV_STR	322,91	3186,14	791,66
Asse soletta_M_max	2_SLV_STR	346,62	3555,49	850,26

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$V_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} = 10.79 \text{ kN/m}$$

$$M_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} \times h = 10.79 \times (6.80 / 2 + 10.45) = 149.44 \text{ kNm/m}$$

##### 14.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Filo soletta _QP	1_QP	300,00	1281,13
Filo soletta _FR	2_FR	300,00	1869,74
Filo soletta _CAR	2_CAR	300,00	2065,95
1/4 soletta _QP	1_QP	322,91	1461,98
1/4 soletta _FR	2_FR	322,91	2104,76
1/4 soletta _CAR	2_CAR	322,91	2319,02

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$M_{Sd,QP,barriera} = F_{h,v,QP} \times h = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd,CAR,barriera,filo} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 10.00) = 82.41 \text{ kNm /m}$$

$$M_{Sd,CAR,barriera,filo} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 10.45) = 85.18 \text{ kNm /m}$$

#### 14.5. Riassunto massime sollecitazioni soletta

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate nella soletta di fondazione ed adottate per le verifiche strutturali.

##### 14.5.1. Combinazioni SLU - SLV

	CC	x[m]	M[kNm]	V[kN]
Filo piedritto SX_V_max	1_SLU_STR	0,900	3181,928	415,786
Filo piedritto DX_V_max	3_SLU_STR	12,425	1338,797	-363,215
1/4 spessore piedritto_M_max	2_SLV_STR	0,450	3410,497	327,029
Asse piedritto_M_max	2_SLV_STR	0,000	3555,494	316,918
Mezzeria_M_min	2_SLV_STR	10,105	4,583	-69,212

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$M_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} \times h = 10.79 \times (6.80 / 2 + 10.90) = 154.30 \text{ kNm/m}$$

##### 14.5.1. Combinazioni SLE

	CC	x[m]	M[kNm]
Filo piedritto _QP	1_QP	0,900	1392,26
Filo piedritto _FR	2_FR	0,900	2081,83
Filo piedritto _CAR	2_CAR	0,900	2311,68

1/4 piedritto _QP	1_QP	0,450	1520,91
1/4 piedritto _FR	2_FR	0,450	2217,73
1/4 piedritto _CAR	2_CAR	0,450	2450,01

Mezzeria _QP	1_QP	6,625	593,57
Mezzeria _FR	1_FR	6,625	593,57
Mezzeria _CAR	1_CAR	6,625	593,57

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

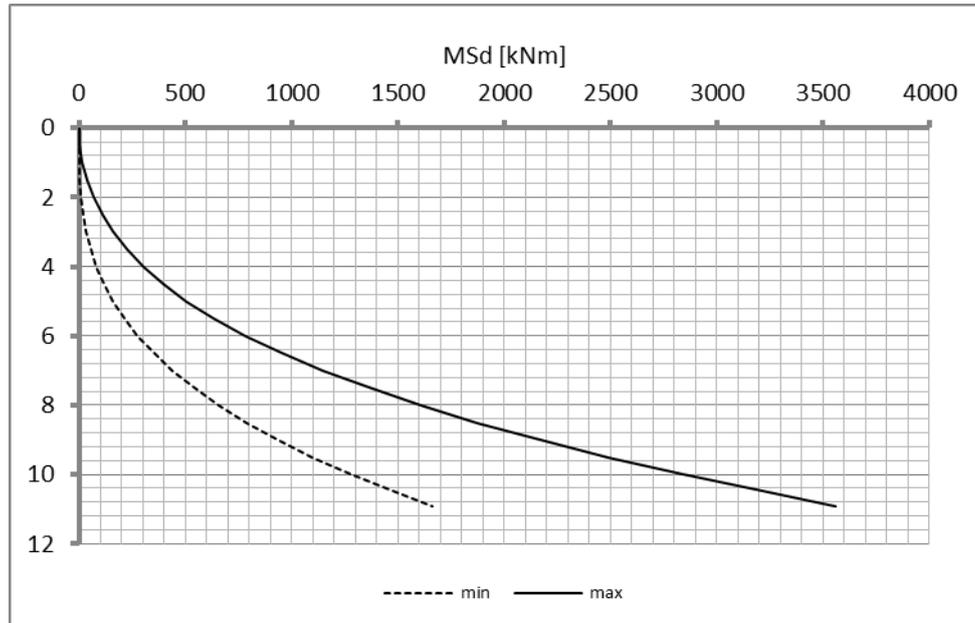
$$M_{Sd,QP,barriera} = F_{h,v,QP} \times h = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd,CAR,barriera} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 10.90) = 87.95 \text{ kNm /m}$$

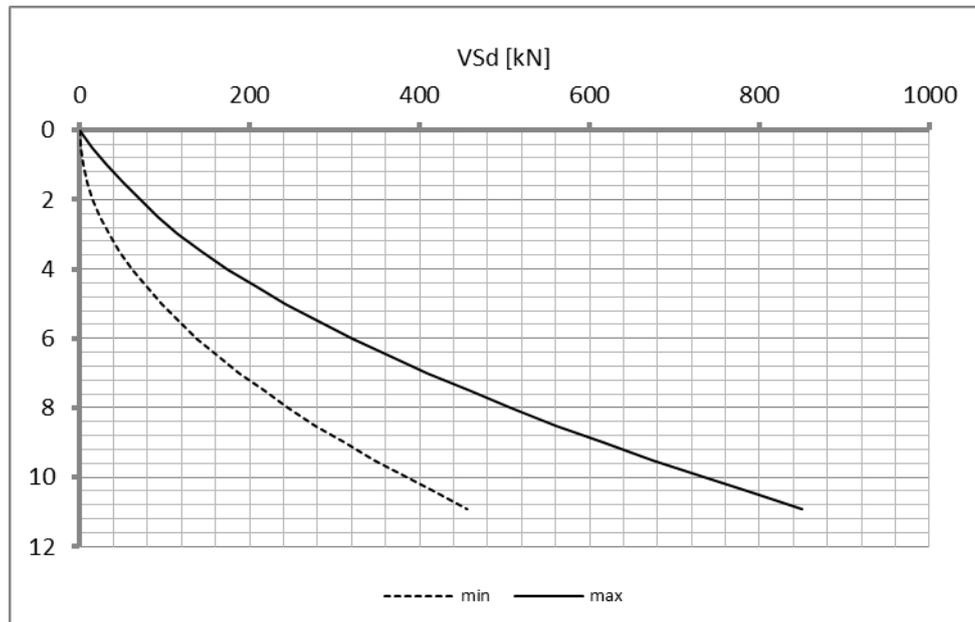
## 14.6. Diagrammi di involuppo SLU-SLV

### 14.6.1. Piedritti

#### Momento



#### Taglio



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

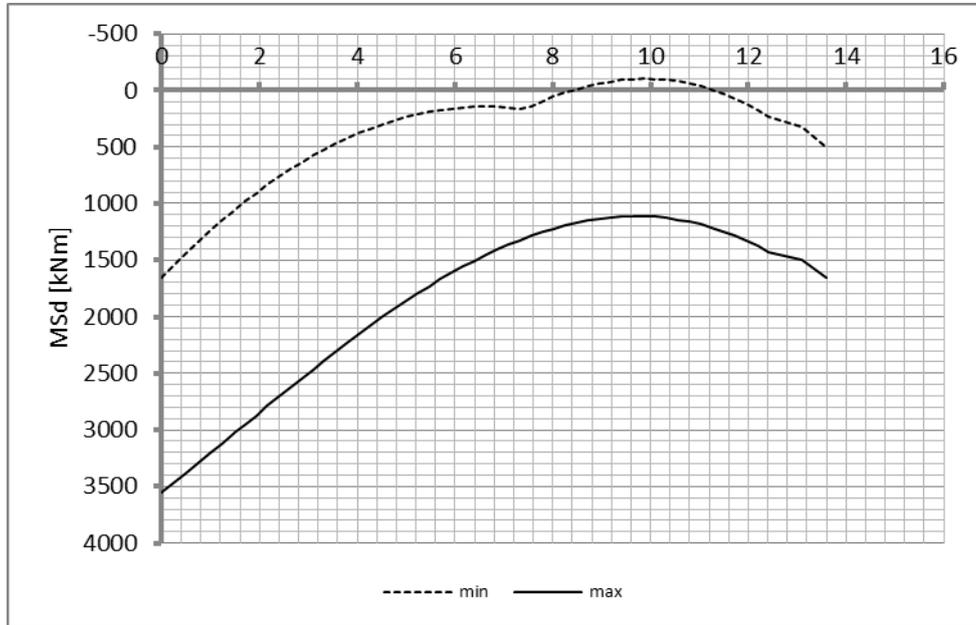
Codifica Documento  
E E2 CL RI61 02 002

Rev.  
A

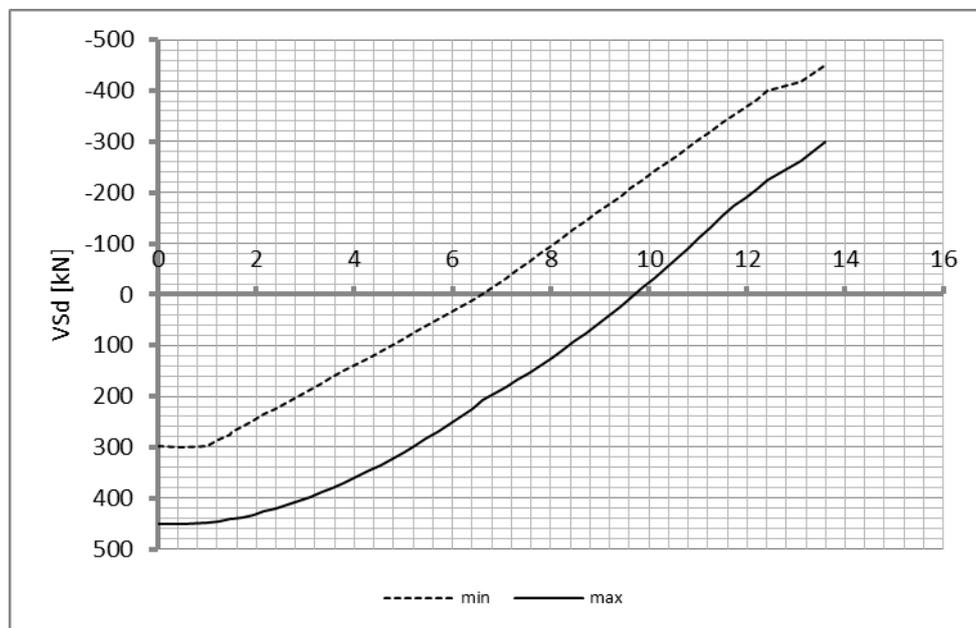
Foglio  
88 di 157

**14.6.2. Soletta**

Momento

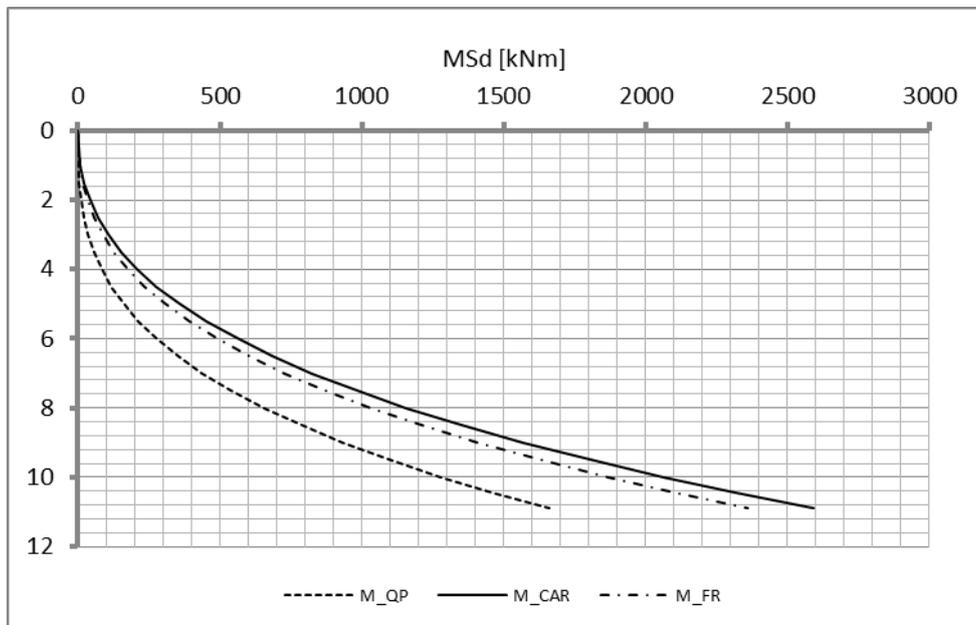


Taglio

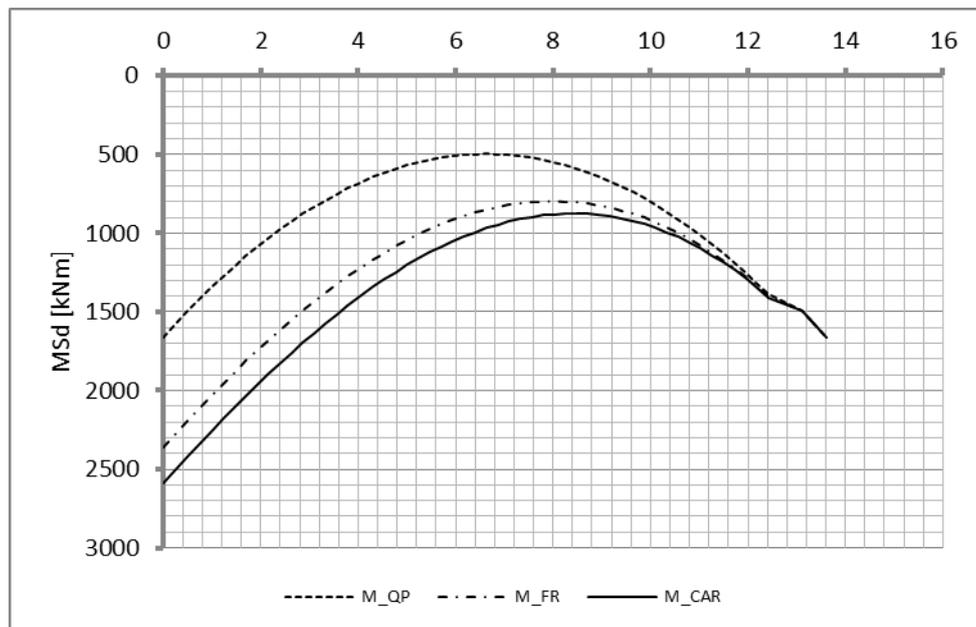


## 14.7. Diagrammi di involucro SLE

### 14.7.1. Piedritti



### 14.7.2. Soletta



### 14.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

#### 14.8.1. Soletta – nodo piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE					
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>					
<b>Calcestruzzo:</b>					
Classe	C25/30				
$R_{ck}$	30,00 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{dk}$	24,90 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{cm}$	32,90 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctm}$	2,56 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctm}$	3,07 N/mm <sup>2</sup>				
$E_{cm}$	31447,16 N/mm <sup>2</sup>				
$\epsilon_{c2}$	0,200 %				
$\epsilon_{c3}$	0,175 %				
$\epsilon_{c4}$	0,070 %				
$\epsilon_{cu}$	0,350 %				
n	2,000				
tipo cemento	N				
<b>Acciaio:</b>					
Classe	B450C				
Tipologia comportament	EL-PL				
$k = (f_t/f_y)_k$	1				
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>				
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>				
$\epsilon_{su}$	7,500 %				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>					
$n$ ,breve termine	6,06 = $E_s/E_c$				
umidità relativa	75 %				
giorno app. carico	15 giorni				
periodo lungo termine	50 anni				
coefficiente di viscosità	2,07				
$n$ ,lungo termine=	12,53 = $E_s/E_{cm}$				
$n$ ,verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine			
$n$ ,verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>					
<b>Sezione:</b>					
B=	1000 mm				
H=	1800 mm				
<b>Armature:</b>					
Pos.	n° barre	∅ mm	yi mm		As mm <sup>2</sup>
1	5	26	75		2654,6458
2	10	26	1725		5309,2916
3	5	26	1673		2654,6458
4	5	26	1621		2654,6458
5					0
6					0
7					0
8					0
9					0
10				0	
<b>Armatura di ripartizione:</b>					
Pos.	n° barre	∅ mm	yi mm	As mm <sup>2</sup>	
superiore	5	22	51	1900,6636	
inferiore	5	22	1749	1900,6636	

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

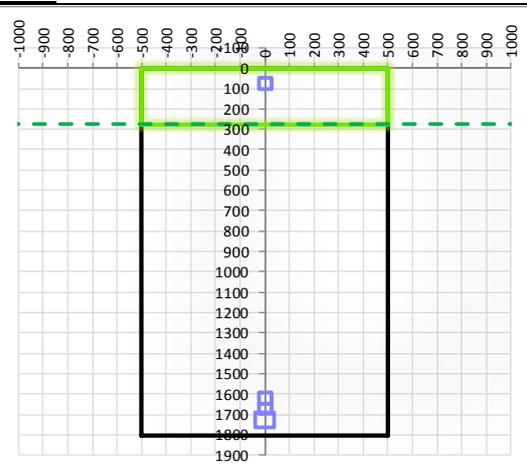
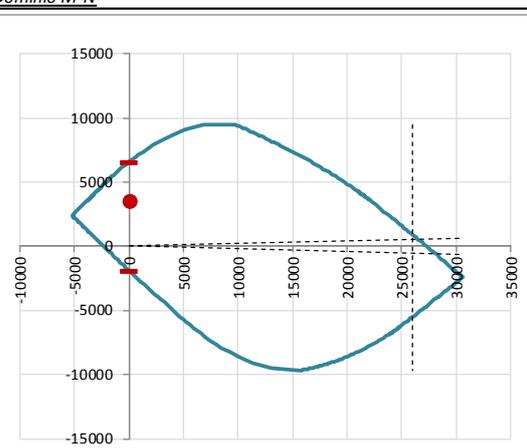
Codifica Documento  
E E2 CL RI61 02 002

Rev.  
A

Foglio  
91 di 157

Viene svolta solamente la verifica della sezione di attacco al piedritto in quanto il momento tende sempre le fibre inferiori su tutta la larghezza della soletta.

14.8.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																									
CRITERI DI VERIFICA																																																									
<b>Coefficienti di sicurezza allo SLU</b>																																																									
<b>Calcestruzzo</b>																																																									
$\alpha_{cc}$	0,85																																																								
$\gamma_c$	1,50																																																								
$f_{cd}$	16,60 N/mm <sup>2</sup>																																																								
$f_{ct,eff}$	2,13 N/mm <sup>2</sup>	$=f_{ctm} / 1,2$																																																							
<b>Acciaio</b>																																																									
$\gamma_s$	1,15																																																								
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																								
$\epsilon_{yd}$	0,196 %																																																								
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																									
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																	
2 SLU_STR	-	0,0	3534,3	30591,87	-5193,87	6573,93	-1875,33	54%																																																	
<b>Sezione:</b>																																																									
				<b>Fibre compresse</b> $\sigma_{c,max}$ = 14,11 N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm <sup>2</sup> $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,86 % d = 1725,00 mm x = 272,83 mm x/d = 0,16		<b>Superiori</b>																																																			
<b>Dominio M-N</b>																																																									
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #e0ffe0;">Combinazione</th> <th style="background-color: #e0ffe0;">fram/nodo</th> <th style="background-color: #e0ffe0;">NSd [kN]</th> <th style="background-color: #e0ffe0;">MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #e0ffe0;">2 SLU_STR</td> <td style="background-color: #e0ffe0;">-</td> <td style="background-color: #e0ffe0;">0,0</td> <td style="background-color: #e0ffe0;">3534,3</td> </tr> <tr><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td><td style="background-color: #e0ffe0;"> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2 SLU_STR	-	0,0	3534,3																																								
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																						
2 SLU_STR	-	0,0	3534,3																																																						

14.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C25/30
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	24,9 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b			1000 mm	
Altezza	h			1800 mm	
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		10	26	75	5309
strato2		5	26	127	2655
strato3		5	26	179	2655
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$				10619 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$				114 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	448,3 kN

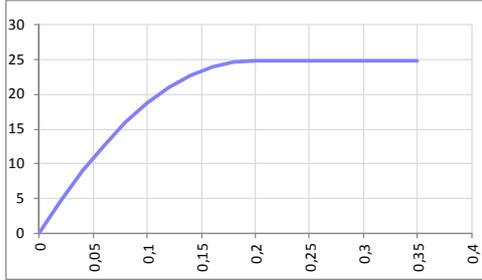
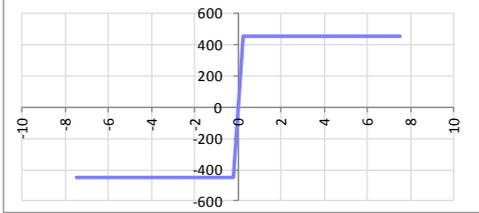
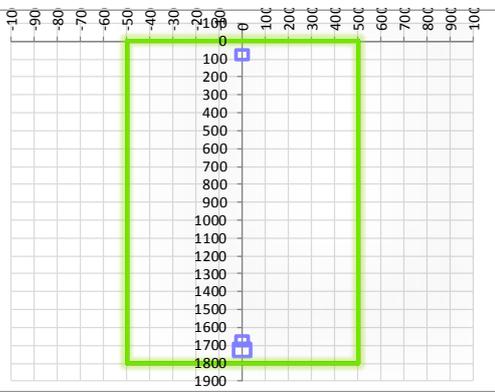
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	1686 mm
Coefficiente	k	1,34
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,63%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	2,82 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,27 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	459,02 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>680,84 kN</b>
Verifica		0,66 <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

14.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	2408,4	0,200	0,300	1516,88	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Quasi permanente</b>	1_QP	-	0,0	1491,8	-3,12	96,15	-40,53	Sezione parzializzata	
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	2508,1	-5,24	161,66	-68,14	Sezione parzializzata	

**14.8.2. Soletta – sezione a 150cm da filo piedritto**

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C25/30			
$R_{ck}$	30,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{dk}$	24,90 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	32,90 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,56 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,07 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	31447,16 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	6,06 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	2,07			
n, lungo termine =	12,53 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine		
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine		
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	1800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	26	75	2654,6458
2	10	26	1725	5309,2916
3	5	26	1673	2654,6458
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	22	51	1900,6636
inferiore	5	22	1749	1900,6636
				



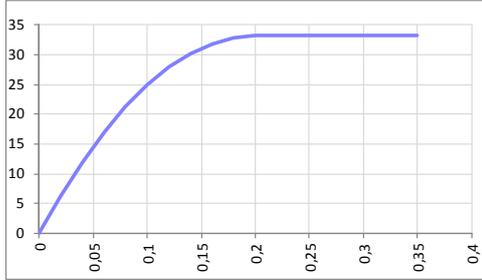
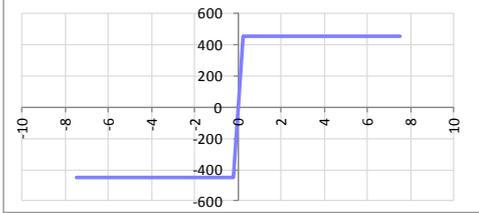
14.8.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																									
CRITERI DI VERIFICA																																																									
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																									
<b>Calcestruzzo</b>																																																									
$\alpha_{cc}$		0,85																																																							
$\gamma_c$		1,50																																																							
$f_{cd}$		16,60 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ct,eff}$		2,13 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																						
<b>Acciaio</b>																																																									
$\gamma_s$		1,15																																																							
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																							
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																									
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																	
2_SLU_STR	-	0,0	3178,1	29553,10	-4155,10	5086,55	-1789,17	62%																																																	
<u>Sezione:</u>																																																									
				<b>Fibre compresse Superiori</b> $\sigma_{c,max}$ = 14,11 N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm <sup>2</sup> $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -2,97 % d = 1725,00 mm x = 181,88 mm x/d = 0,11																																																					
<u>Dominio M-N</u>																																																									
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d4edda;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d4edda;"> <td>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>0,0</td> <td>3178,1</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	0,0	3178,1																																								
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																						
2_SLU_STR	-	0,0	3178,1																																																						

14.8.2.2. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	2249,3	0,252	0,300	1447,43	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	1_QP	-	0,0	1196,5	-2,70	98,24	-34,47	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	2249,3	-5,08	184,68	-64,79	Sezione parzializzata	

**14.8.3. Piedritto**

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,88			
n, lungo termine =	10,67 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine		
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine		
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	1800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	26	93	2654,6458
2	5	26	1707	2654,6458
3	10	26	1507	5309,2916
4	5	26	1455	2654,6458
5	5	26	1403	2654,6458
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	22	69	1900,6636
inferiore	5	22	1731	1900,6636

14.8.3.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																																																						
CRITERI DI VERIFICA																																																																																						
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																																																						
<b>Calcestruzzo</b>																																																																																						
$\alpha_{cc}$		0,85																																																																																				
$\gamma_c$		1,50																																																																																				
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																																																				
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	$=f_{ctm} / 1,2$																																																																																			
<b>Acciaio</b>																																																																																						
$\gamma_s$		1,15																																																																																				
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																																																				
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																																																				
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																																																						
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																																														
2_SLU_STR	-	322,9	3335,6	40096,65	-6232,65	7519,20	-2716,41	44%																																																																														
<u>Sezione:</u>																																																																																						
				<i>Fibre compresse</i>		<i>Superiori</i>																																																																																
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																																																																
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																																																																
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																																																
				$\epsilon_{s,min}$	-1,68	%																																																																																
				d	1707,00	mm																																																																																
				x/d	0,17																																																																																	
<u>Dominio M-N</u>																																																																																						
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> <th colspan="3"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #90EE90;"> <td>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>322,9</td> <td>3335,6</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="3"></td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]				2_SLU_STR	-	322,9	3335,6																																																																		
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																																															
				2_SLU_STR	-	322,9	3335,6																																																																															

14.8.3.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b			1000 mm	
Altezza	h			1800 mm	
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		5	26	93	2655
strato2		10	26	293	5309
strato3		5	26	345	2655
strato4		5	26	397	2655
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$				13273 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$				284,2 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	300 kN
Taglio	$V_{Ed}$	735,09 kN

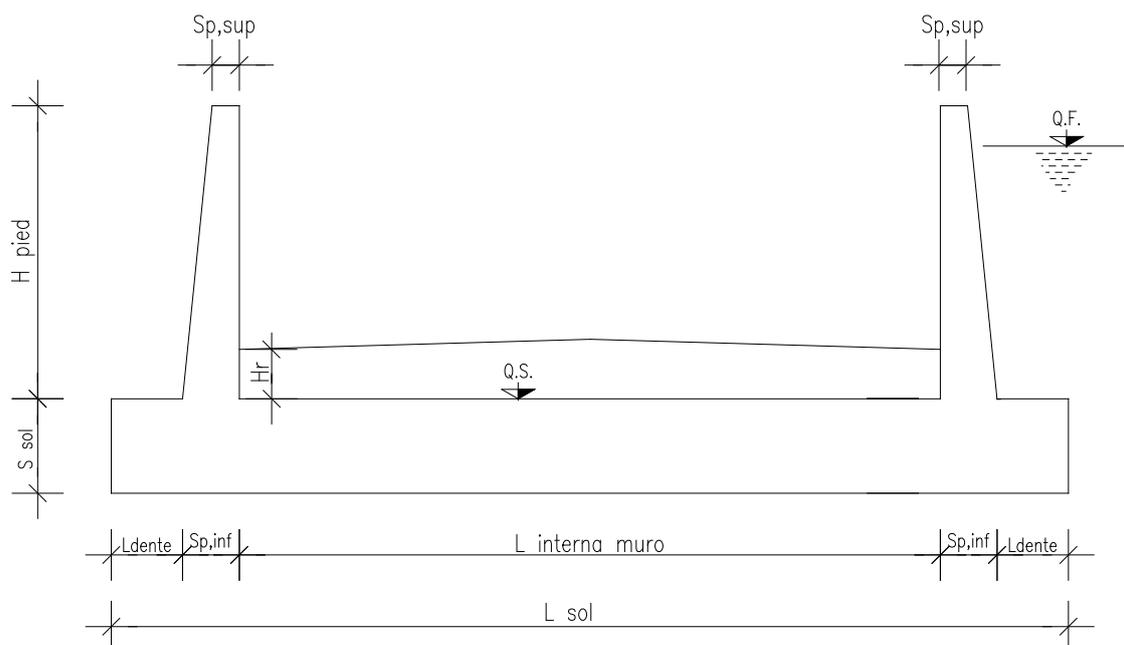
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	1515,8 mm
Coefficiente	k	1,36
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,88%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,17 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,32 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	524,46 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>800,36 kN</b>
Verifica		0,92 <i>Verifica soddisfatta</i>

14.8.3.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]		
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	300,0	2148,4	0,174	0,200	1867,94		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Quasi permanente</b>	1_QP	-	322,9	1462,0	-3,51	85,95	-45,10	Sezione parzializzata	
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	322,9	2404,2	-5,69	149,41	-72,53	Sezione parzializzata	

## 15. MURO AD "U" - TIPOLOGIA 3 - H = 11.00m

### 15.1. Geometria della struttura



#### Dimensioni geometriche trasversali:

- $L_{sol}$  = 15.40 m
- $S_{sol}$  = 2.00 m
- $L_{int,muro}$  = 11.00 m
- $L_{dente}$  = 0.20 m
- $H_{pied}$  = 11.00 m
- $S_{p,sup}$  = 0.40 m
- $S_{p,inf}$  = 2.00 m
- Q.F. La falda si trova al di sotto del piano di fondazione dei muri e pertanto non interessa la struttura

## 15.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

Si riportano di seguito le pressioni statiche e sismiche esercitate sui piedritti dal terreno, dalla falda e dall'azione sismica, per i casi di carico fondamentali.

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,696	24,119	0,000	2,773	1,386
0,550	11,000	11,000	4,228	0,000	15,696	24,119	0,000	3,327	1,664
1,100	22,000	22,000	8,455	0,000	15,696	24,119	0,000	3,882	1,941
1,650	33,000	33,000	12,683	0,000	15,696	24,119	0,000	4,437	2,218
2,200	44,000	44,000	16,911	0,000	15,696	24,119	0,000	4,991	2,496
2,750	55,000	55,000	21,139	0,000	15,696	24,119	0,000	5,546	2,773
3,300	66,000	66,000	25,366	0,000	15,696	24,119	0,000	6,100	3,050
3,850	77,000	77,000	29,594	0,000	15,696	24,119	0,000	6,655	3,327
4,400	88,000	88,000	33,822	0,000	15,696	24,119	0,000	7,210	3,605
4,950	99,000	99,000	38,050	0,000	15,696	24,119	0,000	7,764	3,882
5,500	110,000	110,000	42,277	0,000	15,696	24,119	0,000	8,319	4,159
6,050	121,000	121,000	46,505	0,000	15,696	24,119	0,000	8,873	4,437
6,600	132,000	132,000	50,733	0,000	15,696	24,119	0,000	9,428	4,714
7,150	143,000	143,000	54,960	0,000	15,696	24,119	0,000	9,982	4,991
7,700	154,000	154,000	59,188	0,000	15,696	24,119	0,000	10,537	5,269
8,250	165,000	165,000	63,416	0,000	15,696	24,119	0,000	11,092	5,546
8,800	176,000	176,000	67,644	0,000	15,696	24,119	0,000	11,646	5,823
9,350	187,000	187,000	71,871	0,000	15,696	24,119	0,000	12,201	6,100
9,900	198,000	198,000	76,099	0,000	15,696	24,119	0,000	12,755	6,378
10,450	209,000	209,000	80,327	0,000	15,696	24,119	0,000	13,310	6,655
11,000	220,000	220,000	84,554	0,000	15,696	24,119	0,000	13,865	6,932
11,500	230,000	230,000	88,398	0,000	15,696	24,119	0,000	14,369	7,184
12,000	240,000	240,000	92,241	0,000	15,696	24,119	0,000	14,873	7,436

Dove la coordinata verticale z è positiva verso il basso con l'origine posta in sommità al piedritto.

### 15.3. Riassunto delle sollecitazioni alla base del piedritto (in asse soletta)

Si riportano di seguito le sollecitazioni calcolate alla base del piedritto, in asse soletta, per tutti i casi di carico:

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	381,82		
2	STERRE k0_M1		2213,79	553,45
2a	STERRE K0_M2		2707,11	676,78
2b	STERRE ka_M1		1370,21	342,55
2c	STERRE ka_M2		1769,33	442,33
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		1130,14	188,36
4a	SOVR. STATICO k0_M2		1381,98	230,33
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		337,24	56,21
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		435,48	72,58
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		1736,55	289,42
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		2042,72	340,45
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		1284,86	214,14
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		1465,53	244,25
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		635,25	105,87
8	INERZIA VERT (BASSO)	52,94		

#### 15.4. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate per il piedritto ed adottate per le verifiche strutturali.

##### 15.4.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Filo soletta _V_max	2_SLU_STR	330,00	3641,18	863,55
1/4 spessore soletta_M_max	2_SLV_STR	355,45	4089,85	931,54
Asse soletta_M_max	2_SLV_STR	381,82	4573,14	1002,02

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$V_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} = 10.79 \text{ kN/m}$$

$$M_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} \times h = 10.79 \times (6.80 / 2 + 11.50) = 160.77 \text{ kNm/m}$$

##### 15.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Filo soletta _QP	1_QP	330,00	1705,18
Filo soletta _FR	2_FR	330,00	2417,41
Filo soletta _CAR	2_CAR	330,00	2654,81
1/4 soletta _QP	1_QP	355,45	1948,44
1/4 soletta _FR	2_FR	355,45	2726,88
1/4 soletta _CAR	2_CAR	355,45	2986,36

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$M_{Sd,QP,barriera} = F_{h,v,QP} \times h = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd,CAR,barriera,filo} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 11.00) = 88.56 \text{ kNm /m}$$

$$M_{Sd,CAR,barriera,filo} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 11.50) = 91.64 \text{ kNm /m}$$

### 15.5. Riassunto massime sollecitazioni soletta

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate nella soletta di fondazione ed adottate per le verifiche strutturali.

#### 15.5.1. Combinazioni SLU - SLV

	CC	x[m]	M[kNm]	V[kN]
Filo piedritto SX_V_max	1_SLU_STR	1,000	4071,897	503,307
Filo piedritto DX_V_max	3_SLU_STR	12,005	1752,193	-421,972
1/4 spessore piedritto_M_max	2_SLV_STR	0,500	4378,342	396,631
Asse piedritto_M_max	2_SLV_STR	0,000	4573,136	381,818
Mezzeria_M_min	2_SLV_STR	10,025	129,114	-75,650

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$M_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} \times h = 10.79 \times (6.80 / 2 + 12.00) = 166.17 \text{ kNm/m}$$

#### 15.5.2. Combinazioni SLE

	CC	x[m]	M[kNm]
Filo piedritto _QP	1_QP	1,000	1859,55
Filo piedritto _FR	2_FR	1,000	2692,15
Filo piedritto _CAR	2_CAR	1,000	2969,68

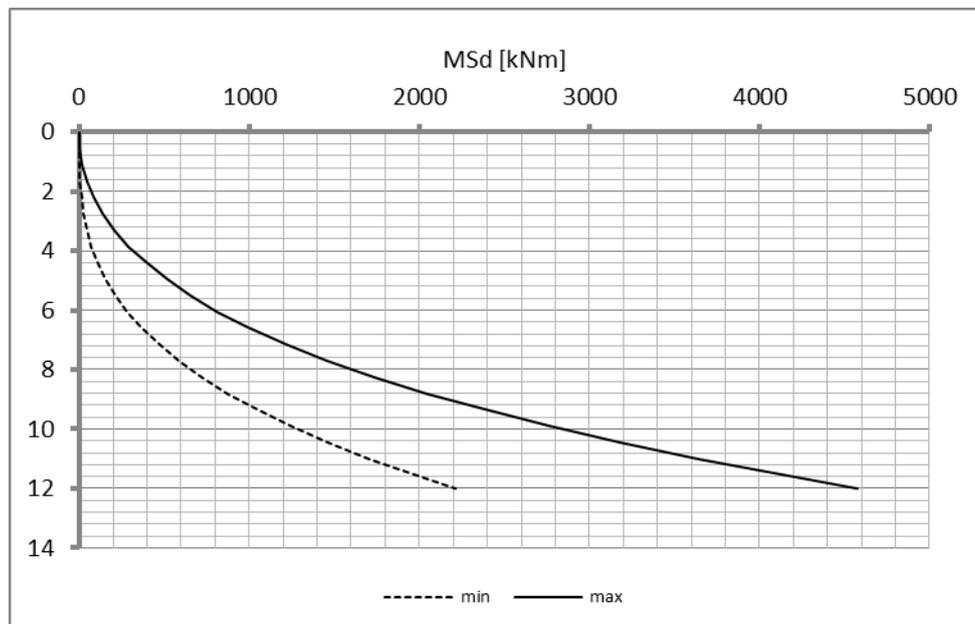
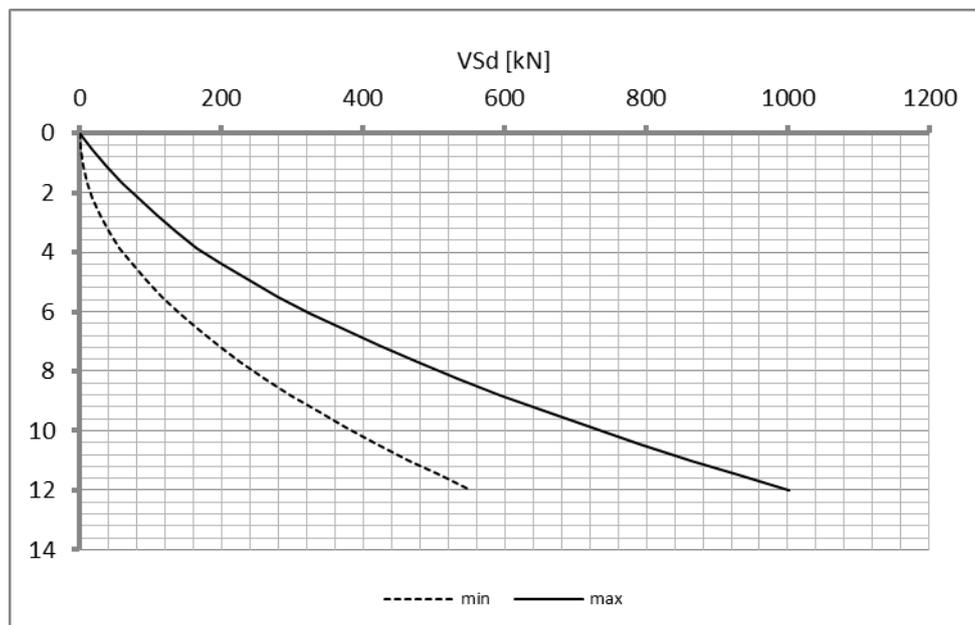
1/4 piedritto _QP	1_QP	1,000	1859,55
1/4 piedritto _FR	2_FR	1,000	2692,15
1/4 piedritto _CAR	2_CAR	1,000	2969,68

Mezzeria _QP	1_QP	6,505	951,37
Mezzeria _FR	1_FR	6,505	951,37
Mezzeria _CAR	1_CAR	6,505	951,37

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

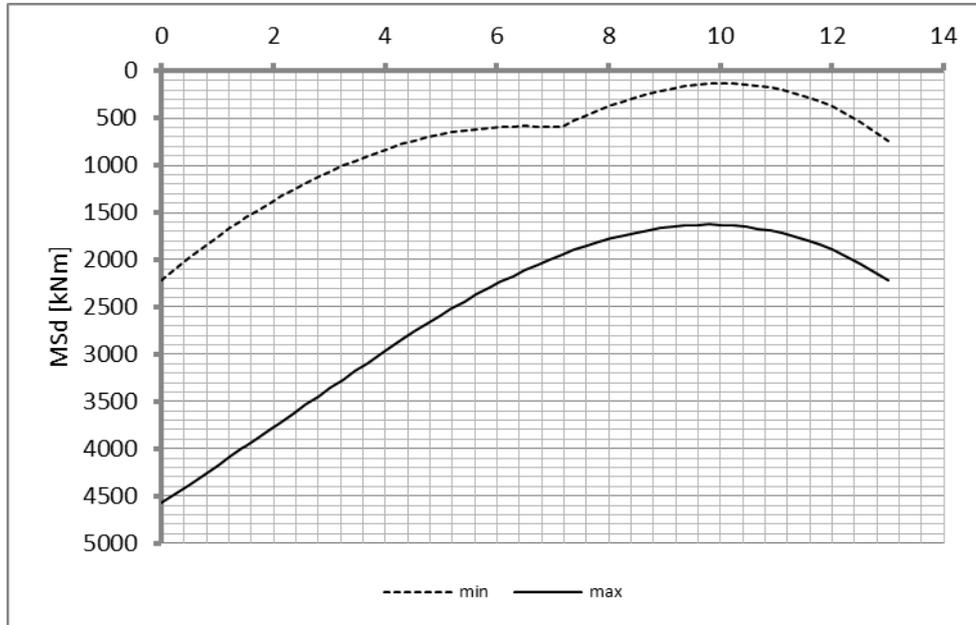
$$M_{Sd,QP,barriera} = F_{h,v,QP} \times h = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd,CAR,barriera} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 12.00) = 94.71 \text{ kNm /m}$$

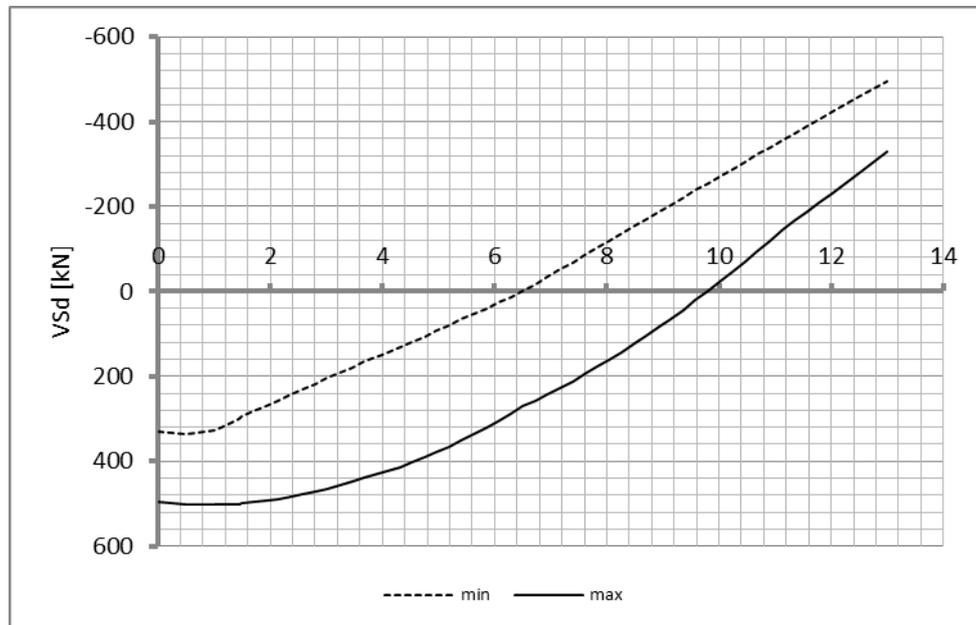
**15.6. Diagrammi di involucro SLU-SLV****15.6.1. Piedritti**MomentoTaglio

**15.6.2. Soletta**

Momento

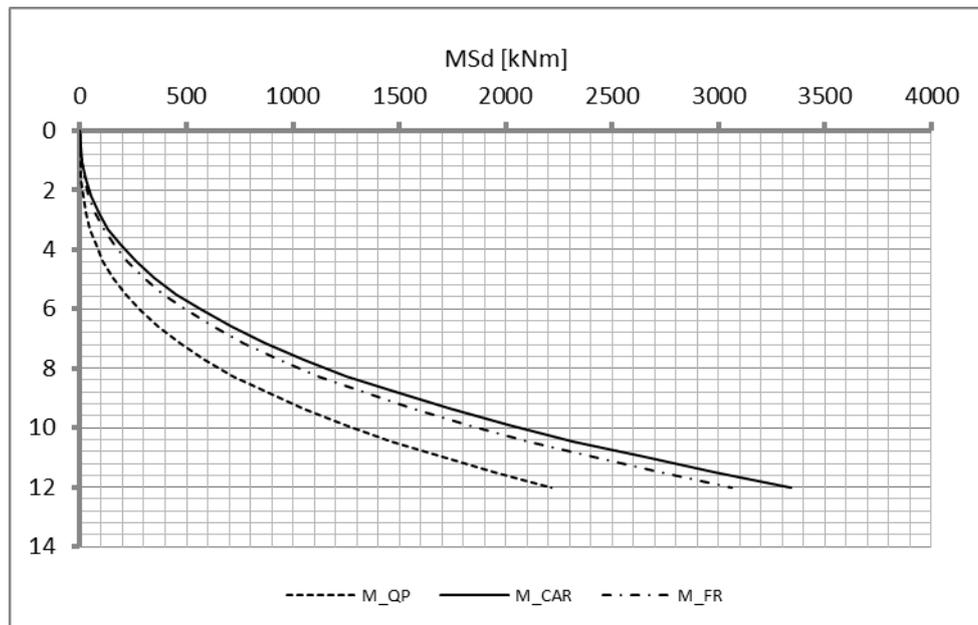


Taglio

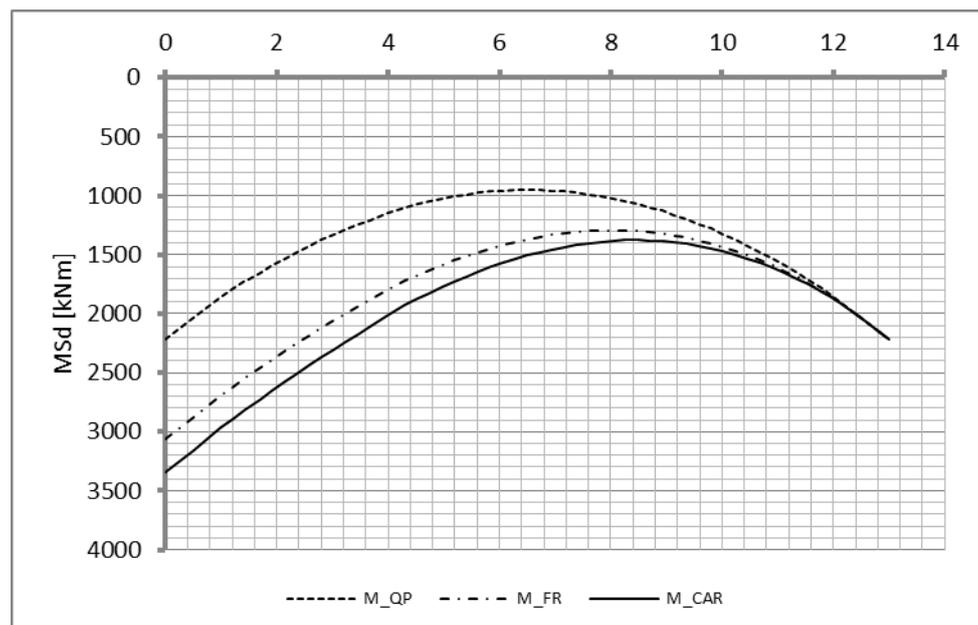


## 15.7. Diagrammi di involucro SLE

### 15.7.1. Piedritti



### 15.7.2. Soletta



### 15.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

#### 15.8.1. Soletta – nodo piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C25/30			
$R_{ck}$	30,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{dk}$	24,90 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	32,90 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,56 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,07 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	31447,16 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	6,06 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	2,06			
n, lungo termine =	12,49 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine		
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine		
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	2000 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	26	87	2654,6458
2	10	26	1913	5309,2916
3	5	26	1861	2654,6458
4	5	26	1809	2654,6458
5	5	26	1757	2654,6458
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	24	62	2261,9467
inferiore	5	24	1938	2261,9467

Viene svolta solamente la verifica della sezione di attacco al piedritto in quanto il momento tende sempre le fibre inferiori su tutta la larghezza della soletta.

15.8.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																					
CRITERI DI VERIFICA																																																					
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$	0,85																																																				
$\gamma_c$	1,50																																																				
$f_{cd}$	16,60 N/mm <sup>2</sup>																																																				
$f_{ct,eff}$	2,13 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																			
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$	1,15																																																				
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																				
$\epsilon_{yd}$	0,196 %																																																				
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
2 SLU_STR	-	0,0	4544,5	34452,65	-6232,65	8892,68	-2187,49	51%																																													
<i>Sezione:</i>																																																					
				<b>Fibre compresse Superiori</b>																																																	
				$\sigma_{c,max}$	14,11	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-1,49	%																																															
				d	1913,00	mm																																															
				x	363,77	mm																																															
				x/d	0,19																																																
<i>Dominio M-N</i>																																																					
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #90EE90;"> <td>2 SLU_STR</td> <td>-</td> <td>0,0</td> <td>4544,5</td> </tr> <tr style="background-color: #90EE90;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2 SLU_STR	-	0,0	4544,5																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
2 SLU_STR	-	0,0	4544,5																																																		

15.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C25/30
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	24,9 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b		1000 mm		
Altezza	h		2000 mm		
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		10	26	93	5309
strato2		5	26	145	2655
strato3		5	26	197	2655
strato4		5	26	249	2655
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$		13273 mm <sup>2</sup>		
Posizione della barra equivalente	$c^*$		155,4 mm		

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	503,31 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	1844,6 mm
Coefficiente	k	1,33
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,72%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	2,82 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,27 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	493,74 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>769,94 kN</b>
Verifica		0,65 <b>Verifica soddisfatta</b>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

15.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	3064,4	0,211	0,300	1896,39		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	1_QP	-	0,0	2029,8	-3,40	97,67	-44,21	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	3249,5	-5,44	156,35	-70,78	Sezione parzializzata	

Doc. N.

Progetto  
INOR

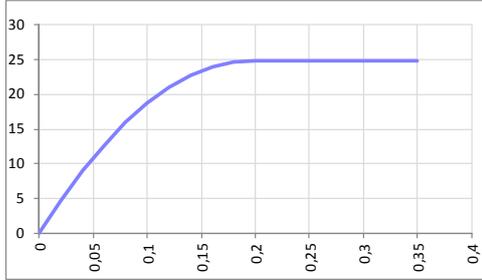
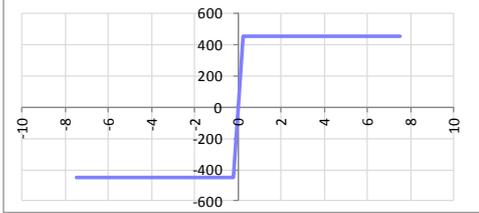
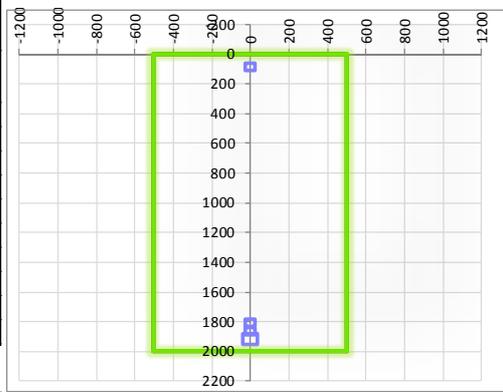
Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL RI61 02 002

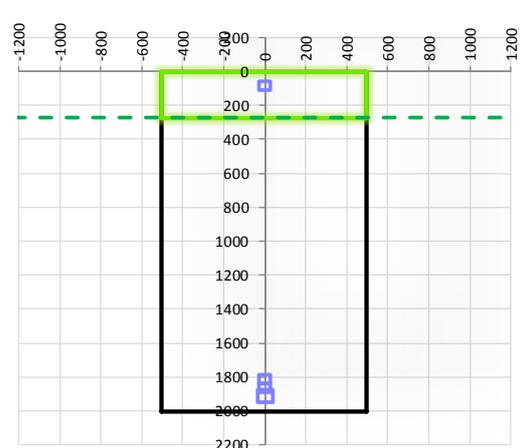
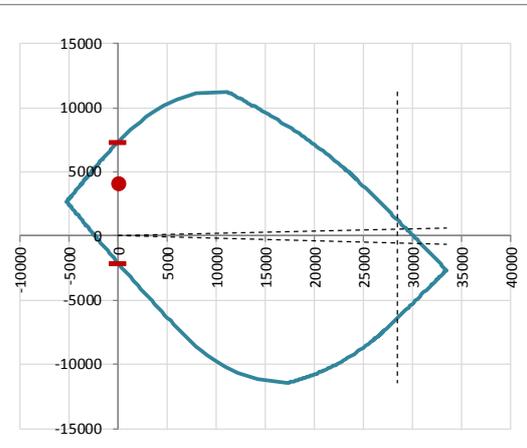
Rev.  
A

Foglio  
113 di 157

**15.8.2. Soletta – sezione a 200cm da filo piedritto**

SEZIONE RETTANGOLARE					
CARATTERISTICHE MATERIALI					
<b>Calcestruzzo:</b>					
Classe	C25/30				
$R_{ck}$	30,00 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{dk}$	24,90 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{cm}$	32,90 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctm}$	2,56 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctm}$	3,07 N/mm <sup>2</sup>				
$E_{cm}$	31447,16 N/mm <sup>2</sup>				
$\epsilon_{c2}$	0,200 %				
$\epsilon_{c3}$	0,175 %				
$\epsilon_{c4}$	0,070 %				
$\epsilon_{cu}$	0,350 %				
n	2,000				
tipo cemento	N				
					
<b>Acciaio:</b>					
Classe	B450C				
Tipologia comportamentale	EL-PL				
$k = (f_t/f_y)_k$	1				
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>				
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>				
$\epsilon_{su}$	7,500 %				
					
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>					
n, breve termine	6,06 = $E_s/E_c$				
umidità relativa	75 %				
giorno app. carico	15 giorni				
periodo lungo termine	50 anni				
coefficiente di viscosità	2,06				
n, lungo termine =	12,49 = $E_s/E_{cm}$				
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE					
<b>Sezione:</b>					
B=	1000 mm				
H=	2000 mm				
<b>Armature:</b>					
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>	
1	5	26	87	2654,6458	
2	10	26	1913	5309,2916	
3	5	26	1861	2654,6458	
4	5	26	1809	2654,6458	
5				0	
6				0	
7				0	
8				0	
9				0	
10				0	
<b>Armatura di ripartizione:</b>					
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>	
superiore	5	24	62	2261,9467	
inferiore	5	24	1938	2261,9467	

15.8.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																																																																	
CRITERI DI VERIFICA																																																																																																	
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																																																																	
<b>Calcestruzzo</b>																																																																																																	
$\alpha_{cc}$	0,85																																																																																																
$\gamma_c$	1,50																																																																																																
$f_{cd}$	16,60 N/mm <sup>2</sup>																																																																																																
$f_{ct,eff}$	2,13 N/mm <sup>2</sup>	$=f_{ctm} / 1,2$																																																																																															
<b>Acciaio</b>																																																																																																	
$\gamma_s$	1,15																																																																																																
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																																																																
$\epsilon_{yd}$	0,196 %																																																																																																
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																																																																	
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																																																									
2_SLU_STR	-	0,0	4142,9	33413,87	-5193,87	7342,62	-2071,40	56%																																																																																									
<u>Sezione:</u>																																																																																																	
				<p><i>Fibre compresse Superiori</i></p> <p><math>\sigma_{c,max}</math> = 14,11 N/mm<sup>2</sup></p> <p><math>\sigma_{s,min}</math> = -391,30 N/mm<sup>2</sup></p> <p><math>\epsilon_{c,max}</math> = 0,35 %</p> <p><math>\epsilon_{s,min}</math> = -2,10 %</p> <p>d = 1913,00 mm</p> <p>x = 272,83 mm</p> <p>x/d = 0,14</p>																																																																																													
<u>Dominio M-N</u>																																																																																																	
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #90EE90;">Combinazione</th> <th style="background-color: #90EE90;">fram/nodo</th> <th style="background-color: #90EE90;">NSd [kN]</th> <th style="background-color: #90EE90;">MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #90EE90;">2_SLU_STR</td> <td style="background-color: #90EE90;">-</td> <td style="background-color: #90EE90;">0,0</td> <td style="background-color: #90EE90;">4142,9</td> </tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td><td style="background-color: #90EE90;"> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	0,0	4142,9																																																																																
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																																																														
2_SLU_STR	-	0,0	4142,9																																																																																														

15.8.2.2. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	2889,8	0,248	0,300	1827,14	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Quasi permanente</b>	1_QP	-	0,0	1708,6	-3,02	98,36	-38,76	Sezione parzializzata	
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	2889,8	-5,11	166,37	-65,55	Sezione parzializzata	

Doc. N.

Progetto  
INOR

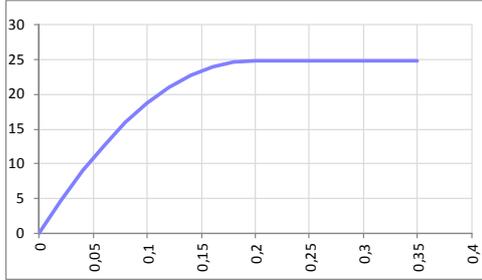
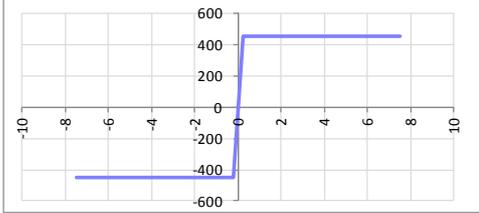
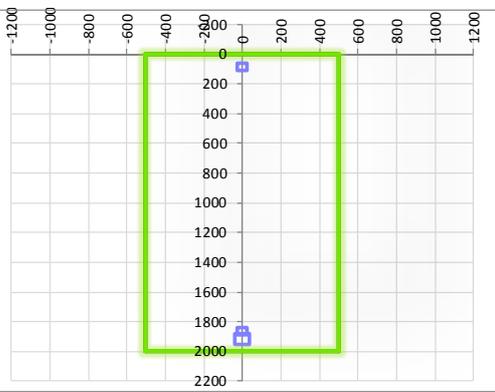
Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL RI61 02 002

Rev.  
A

Foglio  
116 di 157

**15.8.3. Soletta – sezione a 400cm da filo piedritto**

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C25/30			
$R_{ck}$	30,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{dk}$	24,90 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	32,90 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,56 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,07 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	31447,16 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	6,06 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	2,06			
n, lungo termine =	12,49 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine		
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine		
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	2000 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	26	87	2654,6458
2	10	26	1913	5309,2916
3	5	26	1861	2654,6458
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
				
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	24	62	2261,9467
inferiore	5	24	1938	2261,9467



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL RI61 02 002

Rev.  
A

Foglio  
117 di 157

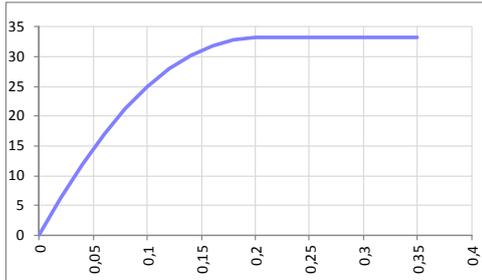
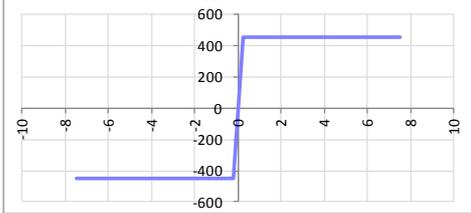
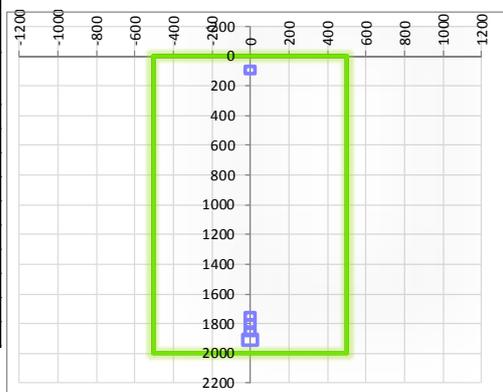
15.8.3.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																																																						
CRITERI DI VERIFICA																																																																																						
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>																																																																																						
<b>Calcestruzzo</b>																																																																																						
$\alpha_{cc}$		0,85																																																																																				
$\gamma_c$		1,50																																																																																				
$f_{cd}$		16,60 N/mm <sup>2</sup>																																																																																				
$f_{ct,eff}$		2,13 N/mm <sup>2</sup>	$=f_{ctm} / 1,2$																																																																																			
<b>Acciaio</b>																																																																																						
$\gamma_s$		1,15																																																																																				
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																																																				
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																																																				
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																																																						
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																																														
2_SLU_STR	-	0,0	3124,9	32375,10	-4155,10	5656,72	-1983,76	55%																																																																														
<i>Sezione:</i>																																																																																						
				<i>Fibre compresse Superiori</i>																																																																																		
				$\sigma_{c,max}$	14,11	N/mm <sup>2</sup>																																																																																
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																																																																
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																																																
				$\epsilon_{s,min}$	-3,25	%																																																																																
				d	1913,00	mm																																																																																
				x/d	0,10																																																																																	
<i>Dominio M-N</i>																																																																																						
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d4edda;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> <th colspan="3"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d4edda;"> <td>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>0,0</td> <td>3124,9</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="3"></td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]				2_SLU_STR	-	0,0	3124,9																																																																		
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																																															
				2_SLU_STR	-	0,0	3124,9																																																																															

15.8.3.2. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
$k_t =$	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
$k_1 =$	0,80	(0,8 = barre ad aderenza migliorata; 1,6 = barre lisce e trefoli)							
$k_3 =$	3,40	(valore raccomandato)							
$k_4 =$	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	2110,4	0,229	0,300	1748,66	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Quasi permanente</b>	1_QP	-	0,0	1148,6	-2,20	84,57	-27,68	Sezione parzializzata	
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	2110,4	-4,05	155,38	-50,86	Sezione parzializzata	

**15.8.4. Piedritto**

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamer	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,88			
n, lungo termine=	10,64 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	2000 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	26	95	2654,6458
2	10	26	1905	5309,2916
3	5	26	1853	2654,6458
4	5	26	1801	2654,6458
5	5	26	1749	2654,6458
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	24	70	2261,9467
inferiore	5	24	1930	2261,9467
				



15.8.4.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b		1000 mm		
Altezza	h		2000 mm		
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		10	26	95	5309
strato2		5	26	147	2655
strato3		5	26	199	2655
strato4		5	26	251	2655
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$		13273 mm <sup>2</sup>		
Posizione della barra equivalente	$c^*$		157,4 mm		

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	330 kN
Taglio	$V_{Ed}$	874,34 kN

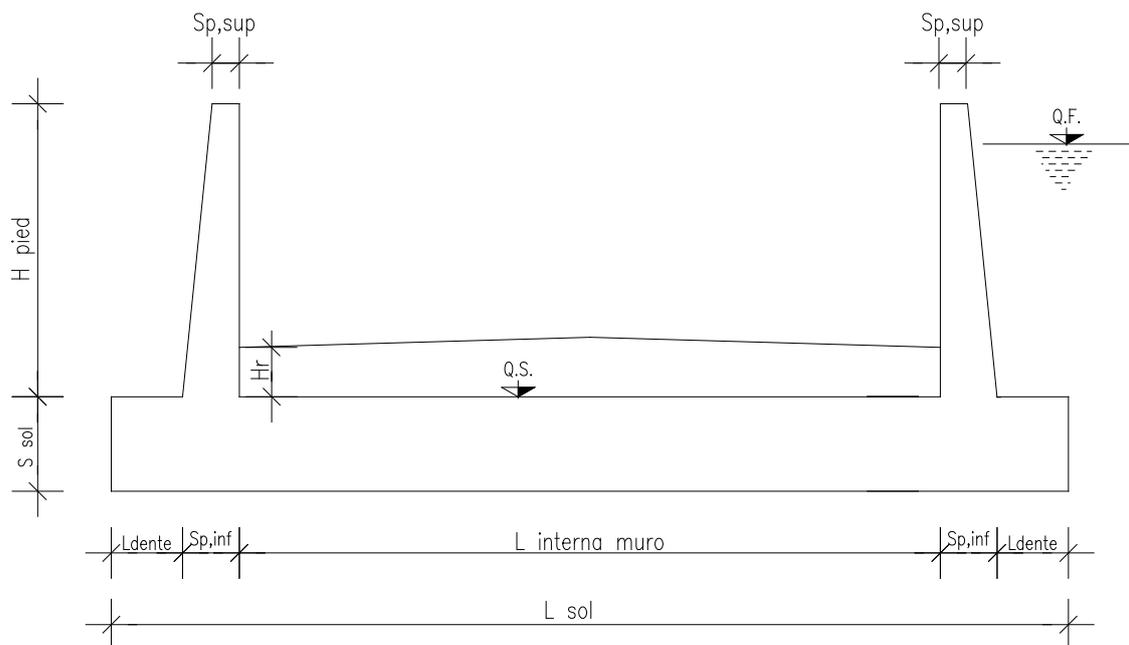
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	1842,6 mm
Coefficiente	k	1,33
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,72%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,17 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,31 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	615,22 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>892,54 kN</b>
Verifica		0,98 <b>Verifica soddisfatta</b>

15.8.4.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	330,0	2743,4	0,159	0,200	2417,90		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Quasi permanente</b>	1_QP	-	355,5	1948,4	-3,46	82,63	-45,24	Sezione parzializzata	
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	355,5	3078,0	-5,38	137,17	-69,79	Sezione parzializzata	

## 16. MURO AD "U" - TIPOLOGIA 4 - H = 11.75m

### 16.1. Geometria della struttura



#### Dimensioni geometriche trasversali:

- $L_{sol}$  = 15.40 m
- $S_{sol}$  = 2.00 m
- $L_{int,muro}$  = 11.00 m
- $L_{dente}$  = 0.20 m
- $H_{pied}$  = 11.75 m
- $S_{p,sup}$  = 0.40 m
- $S_{p,inf}$  = 2.00 m
- Q.F. La falda si trova al di sotto del piano di fondazione dei muri e pertanto non interessa la struttura

## 16.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

Si riportano di seguito le pressioni statiche e sismiche esercitate sui piedritti dal terreno, dalla falda e dall'azione sismica, per i casi di carico fondamentali.

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,696	25,626	0,000	2,773	1,386
0,588	11,750	11,750	4,516	0,000	15,696	25,626	0,000	3,327	1,664
1,175	23,500	23,500	9,032	0,000	15,696	25,626	0,000	3,882	1,941
1,763	35,250	35,250	13,548	0,000	15,696	25,626	0,000	4,437	2,218
2,350	47,000	47,000	18,064	0,000	15,696	25,626	0,000	4,991	2,496
2,938	58,750	58,750	22,580	0,000	15,696	25,626	0,000	5,546	2,773
3,525	70,500	70,500	27,096	0,000	15,696	25,626	0,000	6,100	3,050
4,113	82,250	82,250	31,612	0,000	15,696	25,626	0,000	6,655	3,327
4,700	94,000	94,000	36,128	0,000	15,696	25,626	0,000	7,210	3,605
5,288	105,750	105,750	40,644	0,000	15,696	25,626	0,000	7,764	3,882
5,875	117,500	117,500	45,160	0,000	15,696	25,626	0,000	8,319	4,159
6,463	129,250	129,250	49,676	0,000	15,696	25,626	0,000	8,873	4,437
7,050	141,000	141,000	54,192	0,000	15,696	25,626	0,000	9,428	4,714
7,638	152,750	152,750	58,708	0,000	15,696	25,626	0,000	9,982	4,991
8,225	164,500	164,500	63,224	0,000	15,696	25,626	0,000	10,537	5,269
8,813	176,250	176,250	67,740	0,000	15,696	25,626	0,000	11,092	5,546
9,400	188,000	188,000	72,256	0,000	15,696	25,626	0,000	11,646	5,823
9,988	199,750	199,750	76,772	0,000	15,696	25,626	0,000	12,201	6,100
10,575	211,500	211,500	81,288	0,000	15,696	25,626	0,000	12,755	6,378
11,163	223,250	223,250	85,804	0,000	15,696	25,626	0,000	13,310	6,655
11,750	235,000	235,000	90,320	0,000	15,696	25,626	0,000	13,865	6,932
12,250	245,000	245,000	94,163	0,000	15,696	25,626	0,000	14,336	7,168
12,750	255,000	255,000	98,006	0,000	15,696	25,626	0,000	14,808	7,404

Dove la coordinata verticale z è positiva verso il basso con l'origine posta in sommità al piedritto.

### 16.3. Riassunto delle sollecitazioni alla base del piedritto (in asse soletta)

Si riportano di seguito le sollecitazioni calcolate alla base del piedritto, in asse soletta, per tutti i casi di carico:

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	404,20		
2	STERRE k0_M1		2655,36	624,79
2a	STERRE K0_M2		3247,07	764,02
2b	STERRE ka_M1		1643,51	386,71
2c	STERRE ka_M2		2122,25	499,35
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		1275,82	200,13
4a	SOVR. STATICO k0_M2		1560,12	244,73
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		380,68	59,71
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		491,56	77,11
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		2082,93	326,73
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		2450,17	384,34
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		1541,15	241,75
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		1757,85	275,74
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		714,52	112,08
8	INERZIA VERT (BASSO)	56,04		

#### 16.4. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate per il piedritto ed adottate per le verifiche strutturali.

##### 16.4.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Filo soletta _V_max	2_SLU_STR	352,50	4327,09	966,46
1/4 spessore soletta_M_max	2_SLV_STR	377,93	4828,15	1038,19
Asse soletta_M_max	2_SLV_STR	404,20	5365,70	1112,42

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$V_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} = 10.79 \text{ kN/m}$$

$$M_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} \times h = 10.79 \times (6.80 / 2 + 12.25) = 168.86 \text{ kNm/m}$$

##### 16.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Filo soletta _QP	1_QP	352,50	2078,29
Filo soletta _FR	2_FR	352,50	2890,95
Filo soletta _CAR	2_CAR	352,50	3161,83
1/4 soletta _QP	1_QP	377,93	2355,05
1/4 soletta _FR	2_FR	377,93	3238,34
1/4 soletta _CAR	2_CAR	377,93	3532,77

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$M_{Sd,QP,barriera} = F_{h,v,QP} \times h = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd,CAR,barriera,filo} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 11.75) = 93.17 \text{ kNm /m}$$

$$M_{Sd,CAR,barriera,filo} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 12.25) = 96.25 \text{ kNm /m}$$

## 16.5. Riassunto massime sollecitazioni soletta

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate nella soletta di fondazione ed adottate per le verifiche strutturali.

### 16.5.1. Combinazioni SLU - SLV

	CC	x[m]	M[kNm]	V[kN]
Filo piedritto SX_V_max	1_SLU_STR	1,220	4712,158	541,329
Filo piedritto DX_V_max	3_SLU_STR	11,980	2178,087	-448,743
1/4 spessore piedritto_M_max	2_SLV_STR	0,500	5158,396	424,165
Asse piedritto_M_max	2_SLV_STR	0,000	5365,699	404,202
Mezzeria_M_min	2_SLV_STR	10,220	335,245	-80,267

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

$$M_{Sd,SLU,barriera} = F_{h,v,SLU} \times h = 10.79 \times (6.80 / 2 + 12.75) = 174.26 \text{ kNm/m}$$

### 16.5.2. Combinazioni SLE

	CC	x[m]	M[kNm]
Filo piedritto _QP	1_QP	1,000	2280,63
Filo piedritto _FR	2_FR	1,000	3220,56
Filo piedritto _CAR	2_CAR	1,000	3533,86

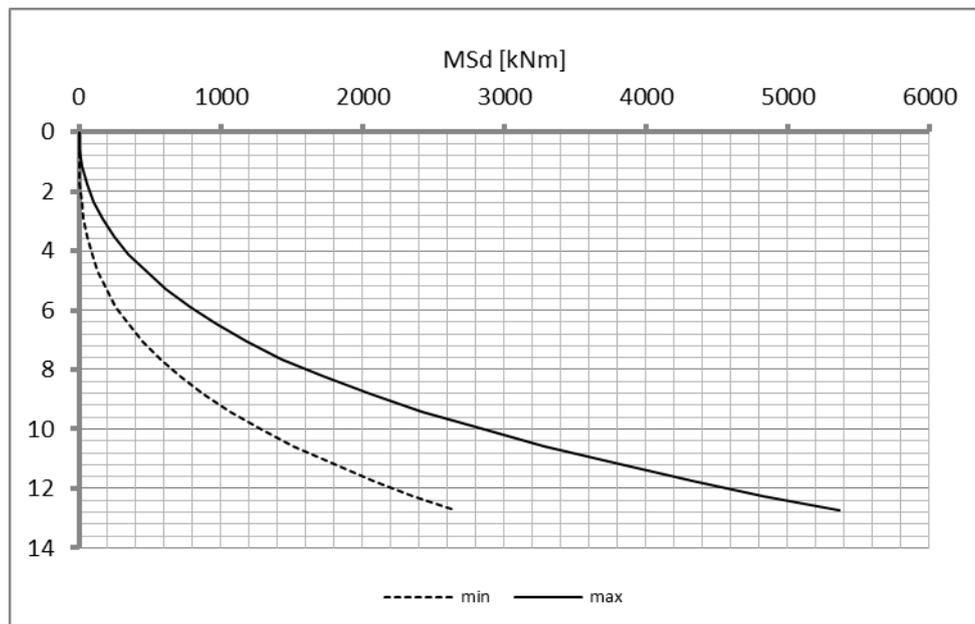
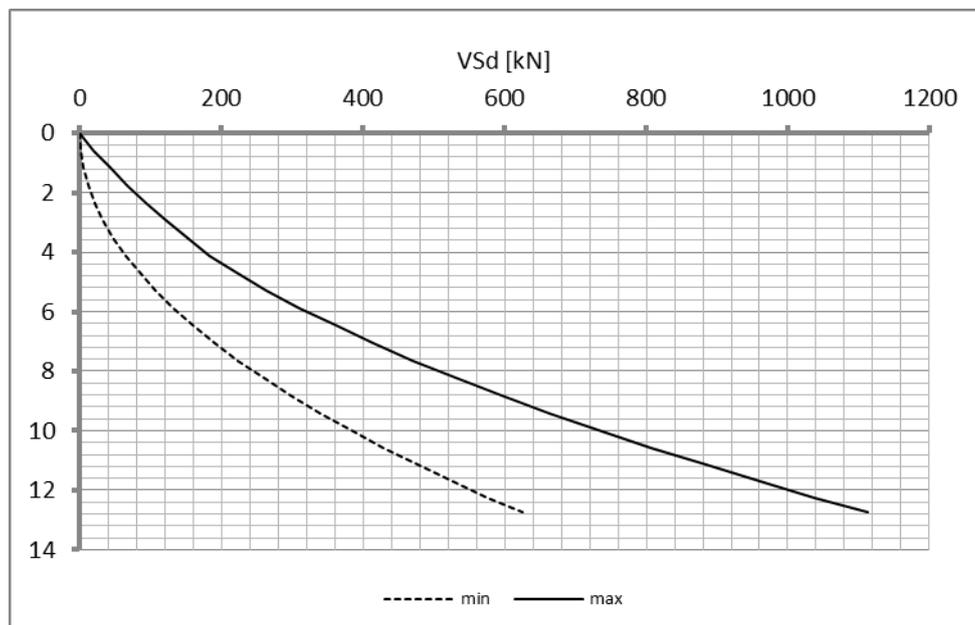
1/4 piedritto _QP	1_QP	0,500	2460,42
1/4 piedritto _FR	2_FR	0,500	3412,92
1/4 piedritto _CAR	2_CAR	0,500	3730,42

Mezzeria _QP	1_QP	6,480	1323,36
Mezzeria _FR	1_FR	6,480	1323,36
Mezzeria _CAR	1_CAR	6,480	1323,36

A queste sollecitazioni va aggiunto il carico dovuto alla presenza della barriera antirumore pari a:

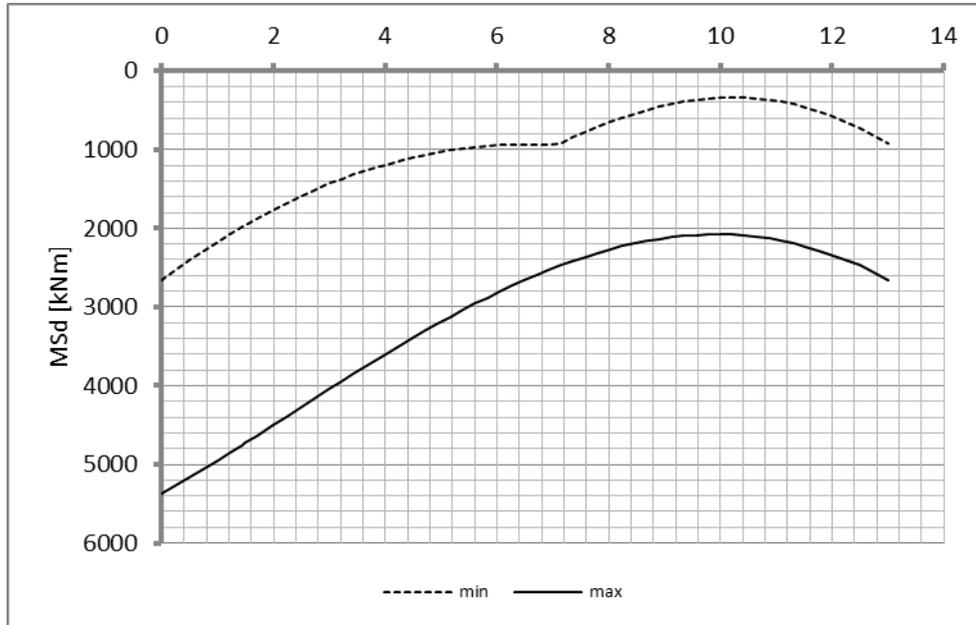
$$M_{Sd,QP,barriera} = F_{h,v,QP} \times h = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd,CAR,barriera} = F_{h,v,CAR} \times h = 6.15 \times (6.80 / 2 + 12.75) = 99.32 \text{ kNm /m}$$

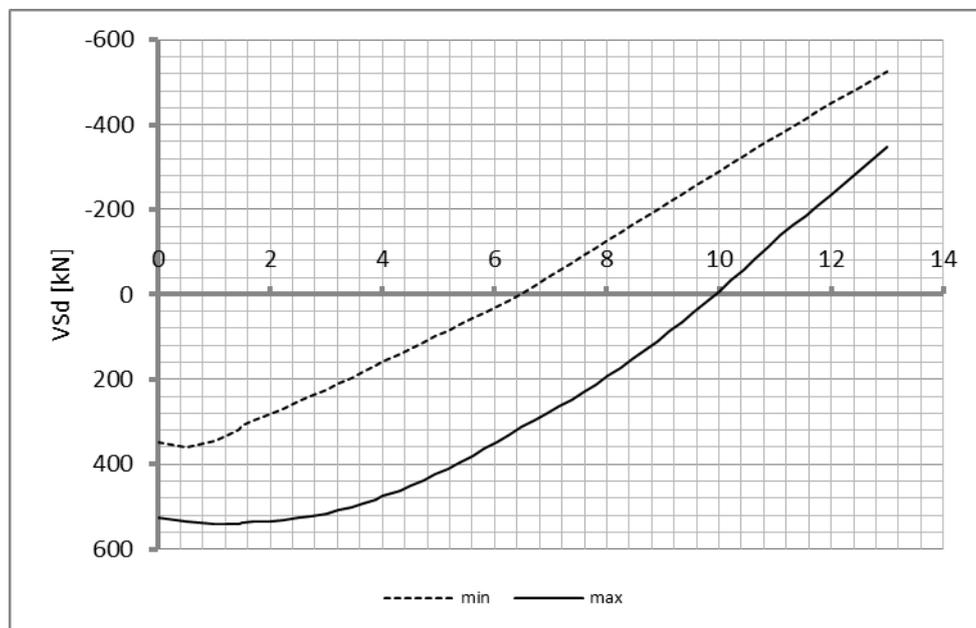
**16.6. Diagrammi di involucro SLU-SLV****16.6.1. Piedritti**MomentoTaglio

**16.6.2. Soletta**

Momento

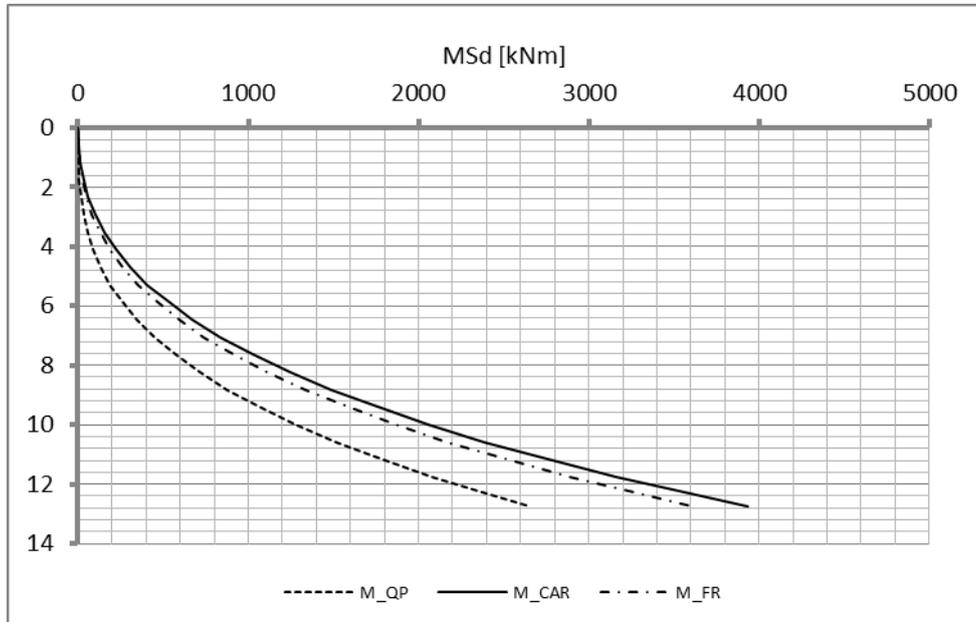


Taglio

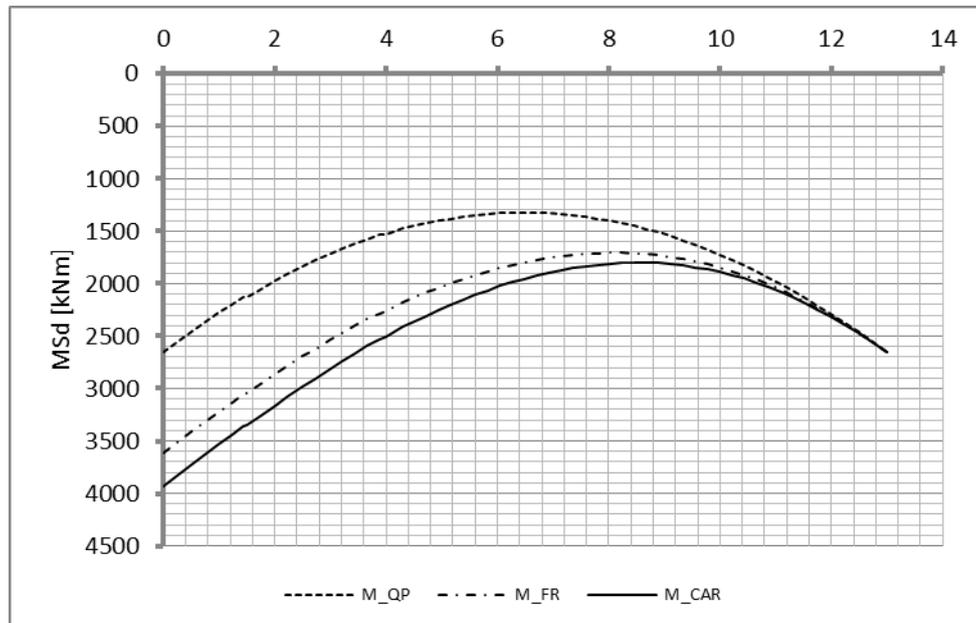


## 16.7. Diagrammi di involucro SLE

### 16.7.1. Piedritti

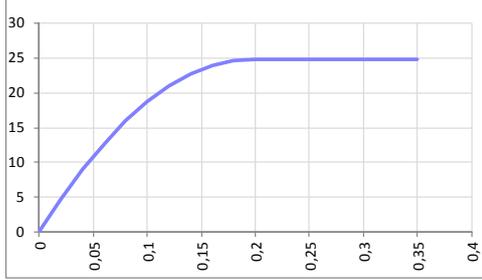
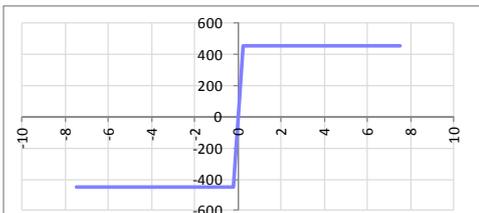
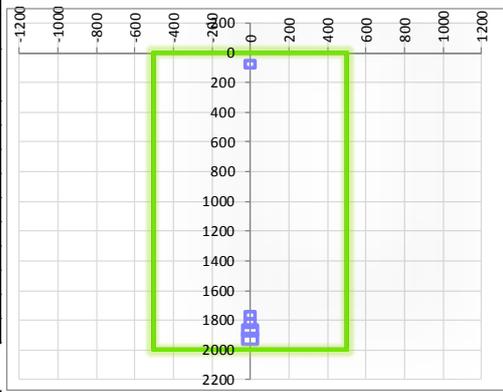


### 16.7.2. Soletta



## 16.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

## 16.8.1. Soletta – nodo piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C25/30			
$R_{ck}$	30,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{dk}$	24,90 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	32,90 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,56 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,07 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	31447,16 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	6,06 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	2,06			
n, lungo termine =	12,49 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$		lungo termine	
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$		breve termine	
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	2000 mm			
<b>Armature:</b>				
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>
1	5	26	77	2654,6458
2	10	26	1923	5309,2916
3	10	26	1871	5309,2916
4	5	26	1819	2654,6458
5	5	26	1767	2654,6458
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>
superiore	5	24	52	2261,9467
inferiore	5	24	1948	2261,9467
				

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

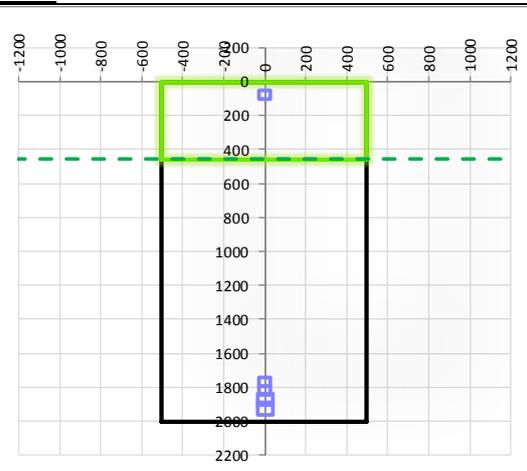
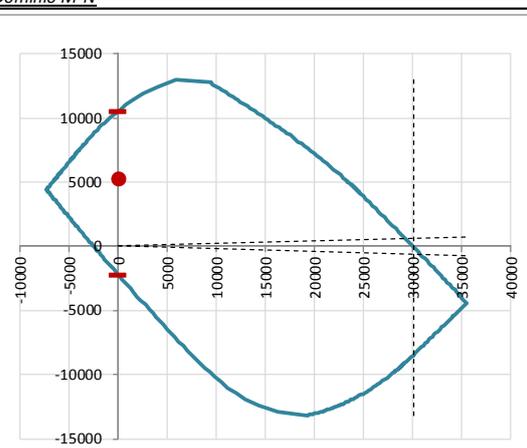
Codifica Documento  
E E2 CL RI61 02 002

Rev.  
A

Foglio  
132 di 157

Viene svolta solamente la verifica della sezione di attacco al piedritto in quanto il momento tende sempre le fibre inferiori su tutta la larghezza della soletta.

16.8.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																					
CRITERI DI VERIFICA																																																					
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$		0,85																																																			
$\gamma_c$		1,50																																																			
$f_{cd}$		16,60 N/mm <sup>2</sup>																																																			
$f_{ct,eff}$		2,13 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																		
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$		1,15																																																			
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																			
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																			
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
2_SLU_STR	-	0,0	5332,7	35491,42	-7271,42	10544,89	-2199,27	51%																																													
<i>Sezione:</i>																																																					
				<i>Fibre compresse</i>		<i>Superiori</i>																																															
				$\sigma_{c,max}$	14,11	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-1,13	%																																															
				d	1923,00	mm																																															
				x	454,71	mm																																															
				x/d	0,24																																																
<i>Dominio M-N</i>																																																					
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #90EE90;"> <td>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>0,0</td> <td>5332,7</td> </tr> <tr style="background-color: #90EE90;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	0,0	5332,7																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
2_SLU_STR	-	0,0	5332,7																																																		

16.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C25/30
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	24,9 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b			1000 mm	
Altezza	h			2000 mm	
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		10	26	77	5309
strato2		10	26	129	5309
strato3		5	26	181	2655
strato4		5	26	233	2655
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$				15928 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$				137,6666667 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		
Frame		
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	541,33 kN

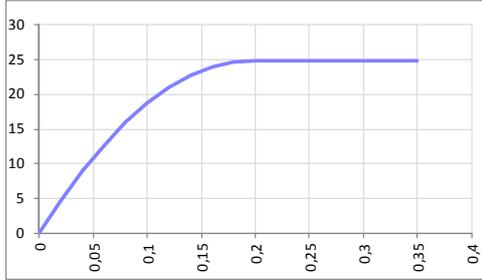
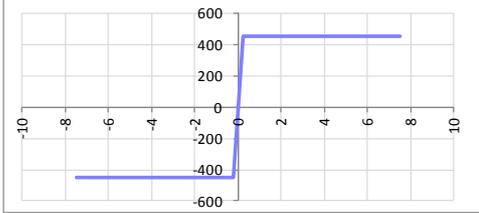
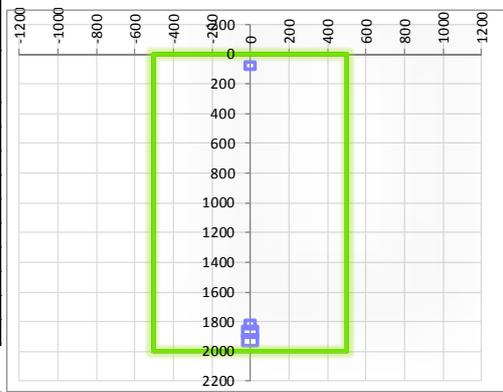
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	1862,333333 mm
Coefficiente	k	1,33
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,86%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	2,82 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,27 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	497,60 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>822,45 kN</b>
Verifica		0,66 <b>Verifica soddisfatta</b>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

16.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
$k_t =$	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
$k_1 =$	0,80	(0,8 = barre ad aderenza migliorata; 1,6 = barre lisce e trefoli)							
$k_3 =$	3,40	(valore raccomandato)							
$k_4 =$	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	3633,2	0,184	0,300	1995,21	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Quasi permanente</b>	1_QP	-	0,0	2460,4	-3,84	98,93	-51,38	Sezione parzializzata	
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	3829,7	-5,98	153,99	-79,98	Sezione parzializzata	

**16.8.2. Soletta – sezione a 250cm da filo piedritto**

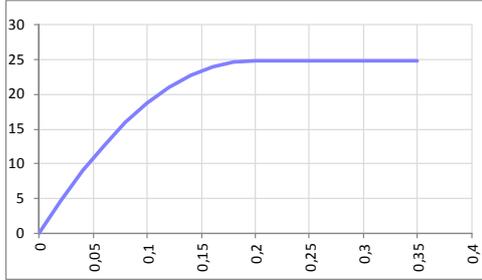
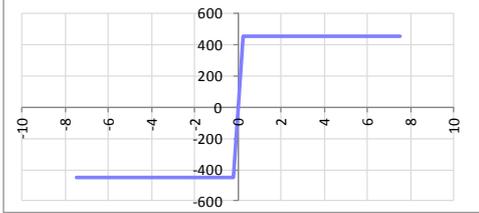
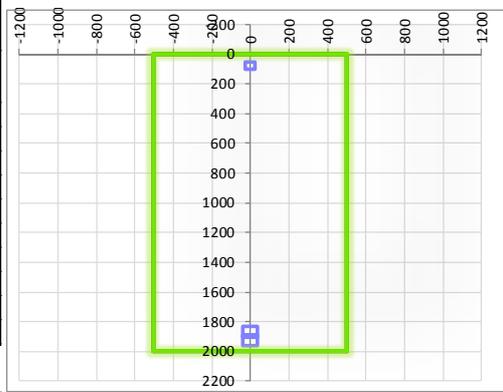
SEZIONE RETTANGOLARE					
CARATTERISTICHE MATERIALI					
<b>Calcestruzzo:</b>					
Classe	C25/30				
$R_{ck}$	30,00 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{dk}$	24,90 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{cm}$	32,90 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctm}$	2,56 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctm}$	3,07 N/mm <sup>2</sup>				
$E_{cm}$	31447,16 N/mm <sup>2</sup>				
$\epsilon_{c2}$	0,200 %				
$\epsilon_{c3}$	0,175 %				
$\epsilon_{c4}$	0,070 %				
$\epsilon_{cu}$	0,350 %				
n	2,000				
tipo cemento	N				
					
<b>Acciaio:</b>					
Classe	B450C				
Tipologia comportamentale	EL-PL				
$k = (f_t/f_y)_k$	1				
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>				
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>				
$\epsilon_{su}$	7,500 %				
					
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>					
n, breve termine	6,06 = $E_s/E_c$				
umidità relativa	75 %				
giorno app. carico	15 giorni				
periodo lungo termine	50 anni				
coefficiente di viscosità	2,06				
n, lungo termine =	12,49 = $E_s/E_{cm}$				
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE					
<b>Sezione:</b>					
B=	1000 mm				
H=	2000 mm				
<b>Armature:</b>					
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>	
1	5	26	77	2654,6458	
2	10	26	1923	5309,2916	
3	10	26	1871	5309,2916	
4	5	26	1819	2654,6458	
5				0	
6				0	
7				0	
8				0	
9				0	
10				0	
<b>Armatura di ripartizione:</b>					
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>	
superiore	5	24	52	2261,9467	
inferiore	5	24	1948	2261,9467	



16.8.2.2. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	3080,1	0,180	0,300	1924,81	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Quasi permanente</b>	1_QP	-	0,0	1833,4	-2,99	85,24	-39,59	Sezione parzializzata	
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	3080,1	-5,02	143,21	-66,51	Sezione parzializzata	

**16.8.3. Soletta – sezione a 450cm da filo piedritto**

SEZIONE RETTANGOLARE					
CARATTERISTICHE MATERIALI					
<b>Calcestruzzo:</b>					
Classe	C25/30				
$R_{ck}$	30,00 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{dk}$	24,90 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{cm}$	32,90 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctm}$	2,56 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{ctm}$	3,07 N/mm <sup>2</sup>				
$E_{cm}$	31447,16 N/mm <sup>2</sup>				
$\epsilon_{c2}$	0,200 %				
$\epsilon_{c3}$	0,175 %				
$\epsilon_{c4}$	0,070 %				
$\epsilon_{cu}$	0,350 %				
n	2,000				
tipo cemento	N				
					
<b>Acciaio:</b>					
Classe	B450C				
Tipologia comportamentale	EL-PL				
$k = (f_t/f_y)_k$	1				
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>				
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>				
$\epsilon_{su}$	7,500 %				
					
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>					
n, breve termine	6,06 = $E_s/E_c$				
umidità relativa	75 %				
giorno app. carico	15 giorni				
periodo lungo termine	50 anni				
coefficiente di viscosità	2,06				
n, lungo termine =	12,49 = $E_s/E_{cm}$				
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE					
<b>Sezione:</b>					
B=	1000 mm				
H=	2000 mm				
<b>Armature:</b>					
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>	
1	5	26	77	2654,6458	
2	10	26	1923	5309,2916	
3	10	26	1871	5309,2916	
4				0	
5				0	
6				0	
7				0	
8				0	
9				0	
10				0	
<b>Armatura di ripartizione:</b>					
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>	
superiore	5	24	52	2261,9467	
inferiore	5	24	1948	2261,9467	



16.8.3.2. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
$k_t =$	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
$k_1 =$	0,80	(0,8 = barre ad aderenza migliorata; 1,6 = barre lisce e trefoli)							
$k_3 =$	3,40	(valore raccomandato)							
$k_4 =$	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	2462,3	0,174	0,300	1845,04	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Quasi permanente</b>	1_QP	-	0,0	1449,8	-2,51	81,55	-32,86	Sezione parzializzata	
<b>Caratteristica</b>	2_CAR	-	0,0	2462,3	-4,26	138,50	-55,80	Sezione parzializzata	



16.8.4.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																					
CRITERI DI VERIFICA																																																					
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$		0,85																																																			
$\gamma_c$		1,50																																																			
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																			
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																		
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$		1,15																																																			
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																			
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																			
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
2_SLU_STR	-	377,9	4997,0	44898,09	-7271,42	10926,41	-2549,17	46%																																													
<i>Sezione:</i>																																																					
				<b>Fibre compresse</b> $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm <sup>2</sup> $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,47 % d = 1905,00 mm x = 365,85 mm x/d = 0,19		<b>Superiori</b> $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm <sup>2</sup> $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,47 % d = 1905,00 mm x = 365,85 mm x/d = 0,19																																															
<i>Dominio M-N</i>																																																					
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #90EE90;"> <td>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>377,9</td> <td>4997,0</td> </tr> <tr style="background-color: #90EE90;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	377,9	4997,0																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
2_SLU_STR	-	377,9	4997,0																																																		

16.8.4.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b			1000 mm	
Altezza	h			2000 mm	
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		10	26	93	5309
strato2		5	26	145	2655
strato3		5	26	197	2655
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$				10619 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$				132 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		
Frame		
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	352,5 kN
Taglio	$V_{Ed}$	977,25 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	1868 mm
Coefficiente	k	1,33
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,57%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,18 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,31 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	625,39 kN
Resistenza al taglio senza armatura	$V_{rd}$	841,47 kN
Verifica		1,16 <b>E' necessario prevedere armatura a taglio</b>

La verifica a taglio risulta verificata ad una distanza da filo piedritto pari a 1250mm, inferiore all'altezza utile della sezione, pertanto, secondo quanto indicato al p.to 8 del capitolo 6.2.2 della UNI EN 1992-1-1 , la verifica può ritenersi comunque soddisfatta senza la necessità di prevedere armatura a taglio.

16.8.4.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	352,5	3255,0	0,165	0,200	2533,48	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	1_QP	-	377,9	2355,1	-3,94	85,76	-51,91	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	377,9	3629,0	-5,97	137,53	-78,29	Sezione parzializzata	

## 17. CORDOLI DI TESTA

Il cordolo di testa è un elemento a sbalzo, incastrato alle estremità dell'ultimo concio che ha la funzione di sostenere il terreno.

Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato considerando il cordolo al pari di una trave a sbalzo di estensione unitaria secondo le usuali formule della scienza delle costruzioni.

### 17.1. Calcolo delle sollecitazioni

I cordoli di testa sono soggetti al carico del terreno e alla spinta indotta dal sovraccarico accidentale.

#### 17.1.1. Pressioni del terreno

Il reinterro a ridosso dello scatolare verrà realizzato tramite materiale arido di buone caratteristiche meccaniche. Secondo quanto riportato in precedenza per il reinterro si assumono i seguenti parametri:

$$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi'_k = 35^\circ$$

$$k_{0,k} = 0.4264 \quad k_{0,M1} = 0.4264$$

$$k_{a,k} = 0.2710 \quad k_{a,M1} = 0.2710$$

Si riporta di seguito il calcolo delle pressioni agenti sulla struttura per la Combinazione 1 (A1+M1+R1).

#### Approccio 1 – Combinazione 1

- Pressione a 6.0m da p.c.

$$P_3 (h_3 = 6.00\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = 0.4264 \times 6.00 \times 20 = \mathbf{51.17 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione alla base dei cordoli laterali

$$P_4 (h_4 = 11.75\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = 0.4264 \times 11.75 \times 20 = \mathbf{100.20 \text{ kN/m}^2}$$

#### 17.1.2. Sovraccarichi accidentali

Il sovraccarico accidentale genera incrementi di spinta orizzontale nel terreno pari a:

#### Approccio 1 – Combinazione 1

$$p_1 = q \times k_{0,M1} = 20.00 \times 0.4264 = \mathbf{8.53 \text{ kN/m}^2}$$

#### 17.1.3. Azione sismica

La risultante delle forze inerziali orizzontali indotte dal sisma viene valutata con la seguente espressione:

$$F_h = P \times a_{gh};$$

P = peso proprio;

$a_{gh} = 0.277$  g, accelerazione orizzontale;

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.80 \times 0.277 = 5.54 \text{ kN/m}^2$$

Per tener conto dell'incremento di spinta del terreno dovuta al sisma si fa riferimento all'EC8-5, appendice E – “Analisi semplificata per le strutture di contenimento”, punto 9 – “Forze causate dalla spinta del terreno per strutture rigide”, in cui l'incremento di spinta sismica  $\Delta P$  per la condizione a riposo viene valutato come:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

La risultante di tale incremento di spinta viene considerata uniformemente distribuita su tutta l'altezza della sezione verticale rigida di riferimento  $h_{tot}$ :

$$\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.277 \times 20.0 \times 11.75 = 65.10 \text{ kN/m}^2$$

## 17.2. Combinazione dei carichi

Si riportano di seguito i coefficienti di combinazione dei carichi impiegati per il calcolo delle sollecitazioni di progetto assunti in analogia a quanto previsto dalla normativa per le opere di sostegno.

n° CC	Spinta Terra	Accidentale	Sisma
	1	2	3
SLU	1.30	1.5	0
SLV	1	1	1
QP	1	0	1
CAR	1	1	0

### 17.3. Azioni sollecitanti

Le sollecitazioni vengono calcolate in asse al piedritto, per due fasce di larghezza unitaria poste rispettivamente a 6.00m e 11.00m da piano campagna, considerando uno schema statico di trave a sbalzo con luce 2.00m.

Le sollecitazioni allo SLU di taglio e quelle caratteristiche per la verifica a fessurazione sono calcolate al filo del piedritto.

#### 17.3.1.1. Azioni elementari

Fascia unitaria a 6.00m da piano campagna:

CARICO	$V_{k,filo}$ [kN/m]	$M_{k,filo}$ [kNm/m]	$M_{k,asse}$ [kNm/m]
Spinta terre	102,34	68,23	68,23
Accidentale	17,06	17,06	17,06
Sisma	141,28	141,28	141,28

Fascia unitaria a 11.75m da piano campagna:

CARICO	$V_{k,filo}$ [kN/m]	$M_{k,filo}$ [kNm/m]	$M_{k,asse}$ [kNm/m]
Spinta terre	200,40	133,60	133,60
Accidentale	17,06	17,06	17,06
Sisma	141,28	141,28	141,28

#### 17.3.1.2. Azioni di calcolo

Fascia unitaria a 6.00m da piano campagna:

COMBINAZIONE	$V_{Ed,filo}$ [kN/m]	$M_{Ed,filo}$ [kNm/m]	$M_{Ed,asse}$ [kNm/m]
SLU	158,63	-	114,28
SLV	243,62	-	209,51
QP	-	-	68,23
CAR	-	85,28	85,28

Fascia unitaria a 11.75m da piano campagna:

COMBINAZIONE	$V_{Ed,filo}$ [kN/m]	$M_{Ed,filo}$ [kNm/m]	$M_{Ed,asse}$ [kNm/m]
SLU	286,10	-	199,26
SLV	341,68	-	274,88
QP	-	-	133,60
CAR	-	150,66	150,66

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL RI61 02 002

Rev.  
A

Foglio  
148 di 157

## 17.4. Verifiche strutturali

### 17.4.1. Fascia a 6.00m da piano campagna

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL RI61 02 002

Rev.  
A

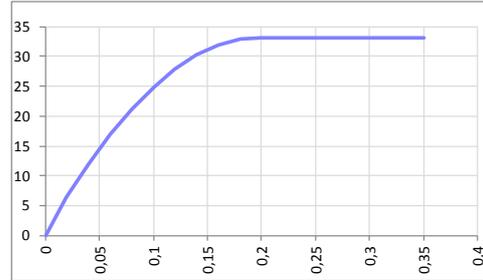
Foglio  
149 di 157

**SEZIONE RETTANGOLARE**

**CARATTERISTICHE MATERIALI**

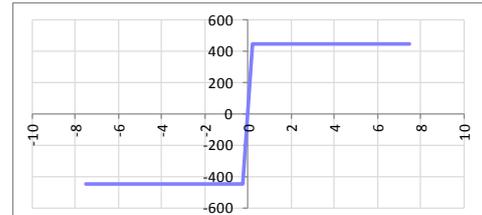
**Calcestruzzo:**

Classe	C32/40
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{c2}$	0,200 %
$\epsilon_{c3}$	0,175 %
$\epsilon_{c4}$	0,070 %
$\epsilon_{cu}$	0,350 %
n	2,000
tipo cemento	N



**Acciaio:**

Classe	B450C
Tipologia comportamentale	EL-PL
$k = (f_y/f_{yk})_k$	1
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{su}$	7,500 %



**Coefficiente di omogeneizzazione:**

n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$	
umidità relativa	75 %	
giorno app. carico	15 giorni	
periodo lungo termine	50 anni	
coefficiente di viscosità	1,94	
n, lungo termine =	11,00 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine

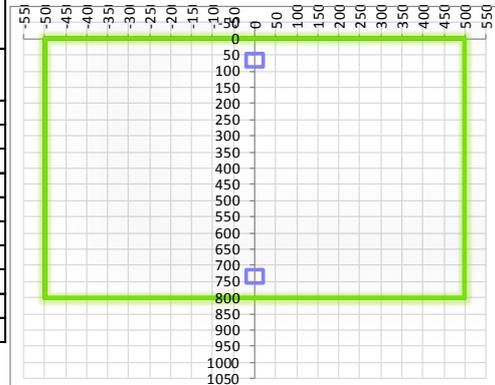
**CARATTERISTICHE SEZIONE**

**Sezione:**

B=	1000 mm
H=	800 mm

**Armature:**

Pos.	n° barre	ø mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	20	66	1570,7963
2	5	20	734	1570,7963
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0



**Armatura di ripartizione:**

Pos.	n° barre	ø mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	48	1005,3096
inferiore	5	16	752	1005,3096



17.4.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b			1000 mm
Altezza	h			800 mm
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>
strato1		5	20	66
strato2		0	0	0
strato3		0	0	0
strato4		0	0	0
strato5		0	0	0
Area barre tese	$A_s$			1571 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$			66 mm

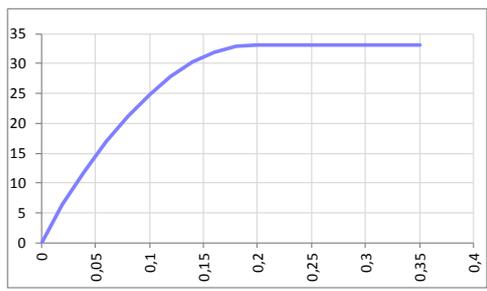
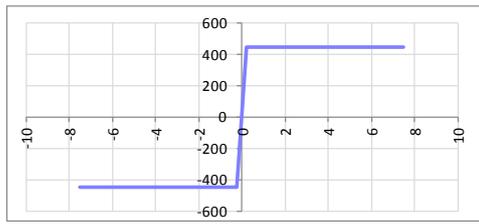
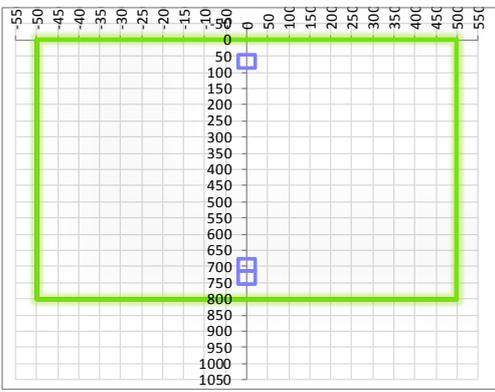
SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	243,62 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	734 mm
Coefficiente	k	1,52
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,21%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,38 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	277,94 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>277,94 kN</b>
Verifica		0,88 <b>Verifica soddisfatta</b>

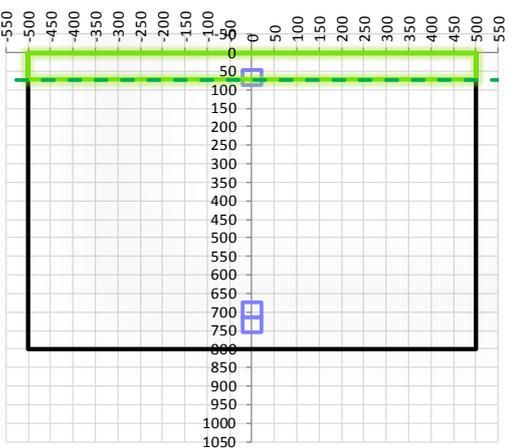
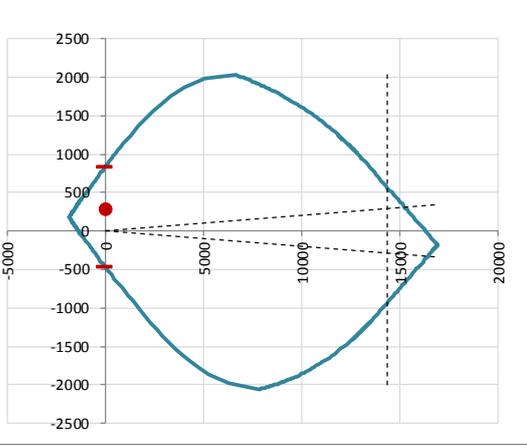
17.4.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>								
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Ordinarie</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR	-	0,0	85,3	Msd<Mf	0,300	309,40	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP	-	0,0	68,2	-1,12	63,80	-9,51	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR	-	0,0	85,3	-1,40	79,74	-11,89	Sezione parzializzata

**17.4.2. Fascia a 11.75m da piano campagna**

<b>SEZIONE RETTANGOLARE</b>				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
R <sub>ck</sub>	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ck</sub>	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>cm</sub>	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.05</sub>	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.95</sub>	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>cm</sub>	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>c2</sub>	0,200 %			
ε <sub>c3</sub>	0,175 %			
ε <sub>c4</sub>	0,070 %			
ε <sub>cu</sub>	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
k = (f <sub>d</sub> /f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub>	1			
f <sub>yk</sub>	450 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>tk</sub>	540 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>s</sub>	200000 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>su</sub>	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,94			
n, lungo termine =	11,00 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>			
n, verifiche QP	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	20	66	1570,7963
2	5	20	734	1570,7963
3	5	20	694	1570,7963
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	48	1005,3096
inferiore	5	16	752	1005,3096
				

17.4.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																					
CRITERI DI VERIFICA																																																					
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$																																																					
$\gamma_c$																																																					
$f_{cd}$																																																					
$f_{ct,eff}$																																																					
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$																																																					
$f_{yd}$																																																					
$\epsilon_{yd}$																																																					
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
SLV	-	0,0	274,9	16894,64	-1843,98	836,25	-471,74	33%																																													
<u>Sezione:</u>																																																					
				<i>Fibre compresse</i>		<i>Superiori</i>																																															
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-3,15	%																																															
				d	734,00	mm																																															
				x/d	0,10	mm																																															
<u>Dominio M-N</u>																																																					
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SLV</td> <td>-</td> <td>0,0</td> <td>274,9</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV	-	0,0	274,9																																				
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																														
				SLV	-	0,0	274,9																																														

17.4.2.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b			1000 mm
Altezza	h			800 mm
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>
strato1		5	20	66
strato2		5	20	106
strato3		0	0	0
strato4		0	0	0
strato5		0	0	0
Area barre tese	$A_s$			3142 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$			86 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	341,68 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	714 mm
Coefficiente	k	1,53
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,44%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,38 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	272,31 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>320,30 kN</b>
Verifica		1,07 <b>E' necessario prevedere armatura a taglio</b>

La verifica a taglio risulta verificata ad una distanza da filo piedritto pari a 131mm, inferiore all'altezza utile della sezione, pertanto, secondo quanto indicato al p.to 8 del capitolo 6.2.2 della UNI EN 1992-1-1 , la verifica può ritenersi comunque soddisfatta senza la necessità di prevedere armatura a taglio.

17.4.2.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
$k_t =$	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
$k_1 =$	0,80	(0,8 = barre ad aderenza migliorata; 1,6 = barre lisce e trefoli)							
$k_3 =$	3,40	(valore raccomandato)							
$k_4 =$	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<b>Fessurazione</b>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<b>Tensioni in esercizio</b>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<b>Fessurazione</b>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR	-	0,0	150,7	Msd < Mf	0,200	328,73	-	
<b>Tensioni in esercizio</b>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP	-	0,0	133,6	-1,75	68,30	-17,77	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR	-	0,0	150,7	-1,98	77,02	-20,04	Sezione parzializzata	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL RI61 02 002

Rev.  
A

Foglio  
157 di 157

## 18. RIFERIMENTI

### 18.1. Documenti referenziati

Rif. [1] Cepav due, documento n° INOR 11 E E2 RB RI61 00 001, intitolato “RELAZIONE GEOTECNICA RI61 – Rilevato linea AC da pk 148+399,891 a pk 150+780,229 – IN50025 – Muri ad “U” da pk 149+847,855 a pk 150+211,776”.

### 18.2. Documenti correlati

Non sono presenti documenti correlati.

### 18.3. Documenti superati

Non sono presenti documenti superati.