



COMUNE DI ACQUI TERME
Provincia di Alessandria



PERCORSO NATURALISTICO CICLO/PEDONALE

sulla sponda destra del Fiume Bormida

collegamento area archeologica Acquedotto Romano con la Porta delle Acque

LOTTO 1

collegamento area archeologica Acquedotto Romano con l'area camper

Il progettista:

UFFICIO TECNICO COMUNALE LL.PP.

SANQUILICO Arch. Alberto



Il dirigente:

UFFICIO TECNICO COMUNALE LL.PP.

ODDONE Ing. Antonio

CALCOLI STATICI STRUTTURE IN CA



COMUNE DI ACQUI TERME
Provincia di Alessandria

**PERCORSO NATURALISTICO CICLO/PEDONALE
LOTTO1**

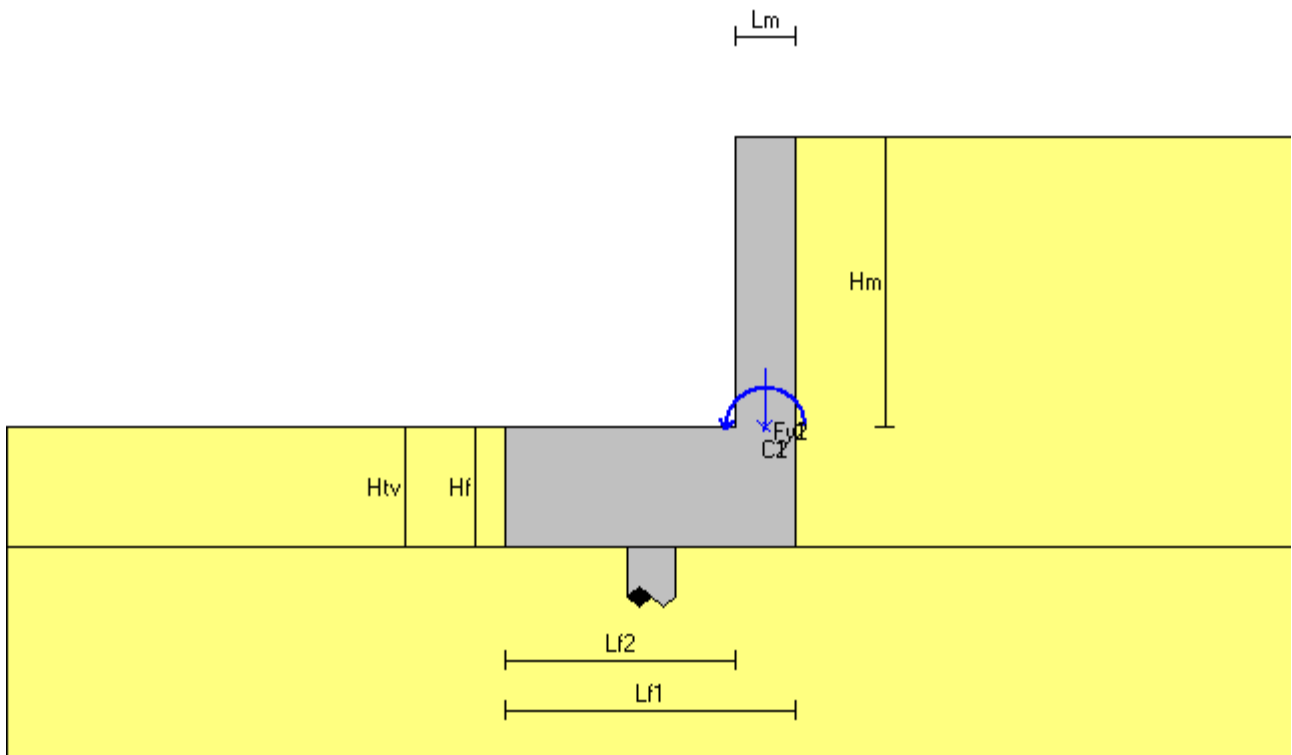
**Collegamento area archeologica "Acquedotto Romano"
con area camper**

RELAZIONE DI CALCOLO ED ELABORATI GRAFICI STRUTTURALI

Acqui Terme, lì 08/03/2017

L'ufficio Tecnico Comunale

Relazione di verifica muro di sostegno secondo il D.M. 14/01/2008



Descrizione dell'opera

Tipo di opera:	muro in calcestruzzo armato
Tipo di sovrastruttura:	paramenti piani
Tipo di fondazione:	su pali con contributo a trazione del 0%

Caratteristiche geometriche

Mensola in elevazione

Altezza paramento	$H_m =$	1.200 m
Spessore in sommità	$L_{m1} =$	0.250 m
Spessore alla base	$L_{mb} =$	0.250 m
Inclinazione paramento esterno	$\beta_e =$	0.00 °
Inclinazione paramento interno	$\beta_i =$	0.00 °

Soletta di fondazione

Lunghezza totale	$L_{f1} =$	1.200 m
Lunghezza mensola a valle	$L_{f2} =$	0.950 m
Altezza bordo libero mensola a valle	$H_{f1} =$	0.500 m
Lunghezza mensola a monte	$L_{f3} =$	0.000 m
Altezza bordo libero mensola a monte	$H_{f2} =$	0.500 m
Altezza rinterro mensola a valle	$H_{tv} =$	0.500 m

Pali

Diametro	$\varnothing_p =$	0.200 m
Numero file secondo la larghezza del muro	$N_{fp} =$	1
Interasse secondo la larghezza del muro	$i_{pl} =$	0.000 m
Distanza dal bordo della soletta	$d =$	0.600 m
Interasse secondo l'estensione del muro	$i_{pe} =$	1.000 m

Angolo di inclinazione terrapieno

$\alpha =$	0.00 °
------------	--------

Materiali utilizzati

Peso specifico del muro $\gamma_m = 2500 \text{ kg/m}^3$

Caratteristiche calcestruzzo

Classe di resistenza C25/30

Resistenza caratteristica $R_{ck} = 300 \text{ Kg/cm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = 141 \text{ Kg/cm}^2$

Caratteristiche armature

Tipo acciaio B 450 C

Resistenza di calcolo $f_{yd} = 3913 \text{ Kg/cm}^2$

Caratteristiche geotecniche dei terreni

Terreno a valle del muro

Peso specifico $\gamma_{tv} = 1900 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito $\varphi_v = 25.00^\circ$

Angolo di attrito terra-muro $\delta_v = 20.00^\circ$

Coesione $c'_v = 0 \text{ kg/m}^2$

Terreno di fondazione del muro

Peso specifico $\gamma_{tf} = 1900 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito $\varphi_f = 25.00^\circ$

Coesione $c'_f = 0 \text{ kg/m}^2$

Tensione limite del terreno $\sigma_f = 0 \text{ kg/m}^2$

Terreno a monte del muro

Peso specifico $\gamma_{tm} = 1900 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito $\varphi_m = 25.00^\circ$

Angolo di attrito terra-muro $\delta_m = 20.00^\circ$

Coesione $c'_m = 0 \text{ kg/m}^2$

Carichi applicati

Sovraccarichi di tipo permanente sul terreno

Uniforme a valle del muro $g_{uv} = 0 \text{ kg/m}^2$

Uniforme a monte del muro $g_{um} = 0 \text{ kg/m}^2$

Nastriforme a monte del muro $g_{nm} = 0 \text{ kg/m}^2$

Distanza nastriforme dal paramento interno $d_{gn} = 0.000 \text{ m}$

Larghezza del nastro $l_{gn} = 0.000 \text{ m}$

Sovraccarichi di tipo variabile sul terreno

Uniforme a valle del muro $q_{uv} = 0 \text{ kg/m}^2$

Uniforme a monte del muro $q_{um} = 0 \text{ kg/m}^2$

Nastriforme a monte del muro $q_{nm} = 0 \text{ kg/m}^2$

Distanza nastriforme dal paramento interno $d_{qn} = 0.000 \text{ m}$

Larghezza del nastro $l_{qn} = 0.000 \text{ m}$

Carichi applicati alla mensola in elevazione

n.	tipo	H [m]	F_x [kg]	F_y [kg]	M_z [kg•m]
1	permanente	0.000	0	2000	-800.000
2	variabile	0.000	0	5000	-2000.000

Legenda

H quota del punto di applicazione del carico rispetto alla base della mensola di elevazione

F_x forza orizzontale positiva se verso monte

F_y forza verticale positiva se verso il basso

M_z coppia positiva se oraria

Normativa

Le verifiche geotecniche e di resistenza vengono eseguite secondo i dettami del D.M. 14 gennaio 2008 adottando l'approccio progettuale 2, pertanto, vengono generate otto combinazioni di carico statiche:

- quattro di equilibrio di corpo rigido (EQU),
- quattro di tipo strutturale (STR),

ottenute permutando i coefficienti parziali per le azioni permanenti e per le azioni variabili. Vengono inoltre generate quattro combinazioni di carico sismiche variando i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (M1 per le prime due ed M2 per le restanti) e variando la direzione della componente verticale dell'azione sismica (verso il basso e verso l'alto).

Parametri per la determinazione dei carichi derivanti da sisma

Località:	ACQUI TERME (AL)
Vita nominale	$V_N = 50$ anni
Tipo di costruzione	tipo = 2
Classe d'uso	$C_U = II$
Coefficiente d'uso	$C_U = 1.0$
Periodo di riferimento	$V_R = 50$ anni
Probabilità di superamento	$P_{Vr} = 10\%$
Periodo di ritorno	$T_R = 475$ anni
Fattore di amplificazione spettrale massima	$F_o = 2.5700$
Accelerazione orizzontale massima	$a_g = 0.0560$ g
Zona sismica	zona = 3
Categoria di sottosuolo	suolo = D
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S = 1.80000$
Coefficienti di riduzione dell'accelerazione orizzontale massima	
verifiche locali	$\beta_m^* = 1.00000$
verifica di stabilità globale	$\beta_s = 0.20000$
Categoria topografica	$C_T = T4$
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T = 1.40000$
Coefficienti sismici per le verifiche locali	
orizzontale	$k_h = 0.14112$
verticale	$k_v = 0.07056$
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale	
orizzontale	$k_h = 0.02822$
verticale	$k_v = 0.01411$

* Il muro non è in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno.

Coefficienti parziali per le azioni

Tipo CMB	γ_{Gmax}	γ_{Gmin}	γ_Q
STR (A1)	1.30	1.00	1.50
GEO (A2)	1.00	1.00	1.30
EQU	1.10	0.90	1.50
SIS	1.00	-	0.60

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tipo CMB	γ_ϕ	$\gamma_{c'}$	γ_γ
(M1)	1.00	1.00	1.00
(M2)	1.25	1.25	1.00

Coefficienti per la determinazione delle masse sismiche

Carichi permanenti	$\gamma_G =$	1.00
Carichi variabili	$\psi_{Ei} =$	0.60

Coefficienti parziali per le verifiche

Verifica	(R ₁)	(R ₂)	(R ₃)
Capacità portante fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Stabilità globale	-	1.10	-

Combinazioni

CMB	Tipo	γ_G	γ_Q	γ_E^*	γ_ϕ	γ_c	γ_Y	R_{RIB}	R_{SCH}	R_{SCO}
1	EQU	1.10	1.50	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
2	EQU	1.10	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
3	EQU	0.90	1.50	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
4	EQU	0.90	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
5	STR	1.30	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.40 (R ₃)	1.10 (R ₃)
6	STR	1.30	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.40 (R ₃)	1.10 (R ₃)
7	STR	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.40 (R ₃)	1.10 (R ₃)
8	STR	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.40 (R ₃)	1.10 (R ₃)
9	SIS	1.00	0.60	+1.00	1.00	1.00	1.00	-	1.40 (R ₃)	1.10 (R ₃)
10	SIS	1.00	0.60	-1.00	1.00	1.00	1.00	-	1.40 (R ₃)	1.10 (R ₃)
11	SIS	1.00	0.60	+1.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
12	SIS	1.00	0.60	-1.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-

* Il segno di γ_E indica la direzione della componente verticale dell'azione sismica: positivo \Downarrow e negativo \Uparrow .

Spinta del terreno

Coefficienti di spinta del terreno di monte

Terreno in condizioni statiche (Coulomb)

Spinta attiva (coefficienti M1) $K_{AS} = 0.3574$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AS} = 0.4201$

Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)

Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto

Spinta attiva (coefficienti M1) $K_{AD} = 0.4867$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AD} = 0.5720$

Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso

Spinta attiva (coefficienti M1) $K_{AD} = 0.4663$

Spinta attiva (coefficienti M2) $K_{AD} = 0.5473$

Valori della spinta attiva del terreno di monte per metro di estensione del muro

Altezza di calcolo $H_t = 1.700$ m

Le spinte sono espresse in chilogrammi e le coordinate in metri.

CMB	$S_{S,X}$	$S_{S,Y}$	Y_S	X_S	$S_{D,X}$	$S_{D,Y}$	Y_D	X_D	$S_{T,X}$	$S_{T,Y}$	Y_T	X_T
1	1192	434	0.567	1.200	-	-	-	-	1192	434	0.567	1.200
2	1192	434	0.567	1.200	-	-	-	-	1192	434	0.567	1.200
3	975	355	0.567	1.200	-	-	-	-	975	355	0.567	1.200
4	975	355	0.567	1.200	-	-	-	-	975	355	0.567	1.200
5	1199	436	0.567	1.200	-	-	-	-	1199	436	0.567	1.200
6	1199	436	0.567	1.200	-	-	-	-	1199	436	0.567	1.200
7	922	336	0.567	1.200	-	-	-	-	922	336	0.567	1.200
8	922	336	0.567	1.200	-	-	-	-	922	336	0.567	1.200
9	922	336	0.567	1.200	366	133	0.850	1.200	1288	469	0.647	1.200
10	922	336	0.567	1.200	245	89	0.850	1.200	1167	425	0.626	1.200
11	1084	394	0.567	1.200	428	156	0.850	1.200	1512	550	0.647	1.200
12	1084	394	0.567	1.200	288	105	0.850	1.200	1372	499	0.626	1.200

Legenda

$S_{S,X}$, $S_{D,X}$, $S_{T,X}$ componente orizzontale della spinta statica, dinamica, totale del terreno

$S_{S,Y}$, $S_{D,Y}$, $S_{T,Y}$ componente verticale della spinta statica, dinamica, totale del terreno

Y_S , Y_D , Y_T ordinata del punto di applicazione della spinta statica, dinamica, totale

X_S , X_D , X_T ascissa del punto di applicazione della spinta statica, dinamica, totale

(le coordinate del punto di applicazione sono riferite al piede di valle della fondazione)

Forze d'inerzia per metro di estensione del muro

Componente orizzontale forza d'inerzia $F_{I,X} = 1023$ kg

Ordinata del punto di applicazione della forza $Y_I = 0.510$ m

Componente verticale forza d'inerzia $F_{I,Y} = \pm 512$ kg

Ascissa del punto di applicazione della forza $X_I = 0.977$ m

Sollecitazioni alla testa dei pali

Si riportano le sollecitazioni agenti su un tratto di fondazione di estensione pari all'interasse dei pali (1.000 m). L'origine del sistema di riferimento, utilizzato come polo per il calcolo dei momenti, coincide con il piede di valle della fondazione, l'asse delle ascisse è orizzontale diretto verso monte e l'asse delle ordinate è verticale diretto verso l'alto.

Dettaglio condizioni di massimi sforzo normale e momento flettente (Combinazione 5)

Descrizione carico (componente ortogonale al piano di fondazione)	Forza [kg]
Peso del muro	2925
Componente verticale spinta totale terreno	436
Carichi concentrati	10100
Carico totale ortogonale al piano di fondazione (N_{TOT})	13461

Descrizione carico (componente tangenziale al piano di fondazione)	Forza [kg]
Componente orizzontale spinta totale terreno	1199
Carico totale tangenziale al piano di fondazione (T_{TOT})	1199

Descrizione momento	Forza [kg]	Braccio [m]	Momento [kg•m]
Peso del muro	2925	0.758	2218.125
Carichi concentrati			10857.500
Momento stabilizzante (M_{STAB})			13075.624

Componente orizzontale spinta totale terreno	-1199	0.567	-679.220
Componente verticale spinta totale terreno	436	1.200	523.516
Carichi concentrati			-4040.000
Momento ribaltante (M_{RIB})			-4195.704

Momento totale ($M_{TOT} = M_{STAB} + M_{RIB}$) **8879.921**

Distanza carico dal piede di valle ($d_N = M_{TOT} / N_{TOT}$)	0.660 m
Eccentricità del carico ($e_N = L_{f1} / 2 - d_N$)	-0.060 m
(Il punto di applicazione del carico è a valle del punto centrale della fondazione)	

Sollecitazioni agenti sulla testa di ogni palo

Sforzo normale (N)	13461 kg
Sforzo di taglio (T)	1199 kg
Momento flettente ($M = N_{TOT} \cdot e_N$)	-803.163 kg•m

Dettaglio condizioni di massimo sforzo di taglio (Combinazione 11)

Descrizione carico (componente ortogonale al piano di fondazione)	Forza [kg]
Peso del muro	2250
Componente verticale spinta totale terreno	550
Componente verticale forza d'inerzia	512
Carichi concentrati	5000
Carico totale ortogonale al piano di fondazione (N_{TOT})	8312

Descrizione carico (componente tangenziale al piano di fondazione)	Forza [kg]
Componente orizzontale spinta totale terreno	1512
Componente orizzontale forza d'inerzia	1023
Carico totale tangenziale al piano di fondazione (T_{TOT})	2535

Descrizione momento	Forza [kg]	Braccio [m]	Momento [kg•m]
Peso del muro	2250	0.758	1706.250
Componente verticale forza d'inerzia	512	0.977	499.653
Carichi concentrati			5375.000
Momento stabilizzante (M_{STAB})			7580.904

Componente orizzontale spinta totale terreno	-1512	0.647	-977.729
Componente verticale spinta totale terreno	550	1.200	660.174
Componente orizzontale forza d'inerzia	-1023	0.510	-522.144
Carichi concentrati			-2000.000

Momento ribaltante (M_{RIB}) **-2839.699**

Momento totale ($M_{TOT} = M_{STAB} + M_{RIB}$) **4741.204**

Distanza carico dal piede di valle ($d_N = M_{TOT} / N_{TOT}$) 0.570 m

Eccentricità del carico ($e_N = L_{f1} / 2 - d_N$) 0.030 m

(Il punto di applicazione del carico è a monte del punto centrale della fondazione)

Sollecitazioni agenti sulla testa di ogni palo

Sforzo normale (N) 8312 kg

Sforzo di taglio (T) 2535 kg

Momento flettente ($M = N_{TOT} \cdot e_N$) 245.819 kg·m

Sforzi relativi alle restanti combinazioni

CMB	N [kg]	T [kg]	M [kg·m]
1	12609	1192	-704.187
2	5109	1192	-141.687
3	11680	975	-678.425
4	4180	975	-115.925
6	5961	1199	-240.664
7	12086	922	-747.626
8	4586	922	-185.126
9	8230	2311	150.373
10	7163	2190	459.450
12	7238	2395	542.944

Verifica delle armature

La verifica viene effettuata considerando lo stato limite ultimo, pertanto, si eseguono i seguenti controlli:

- Verifica N/M: si visualizza il valore del rapporto S_d/S_u ottenuto con incremento proporzionale delle sollecitazioni (S_d = sollecitazione di progetto derivante da N e M, S_u = sollecitazione ultima);
- Verifica (25): si visualizza il valore del rapporto N_d/N_u , dove N_u viene ottenuto con riduzione del 25% di f_{cd} (N_d = sollecitazione normale di progetto, N_u = sollecitazione normale ultima).

Entrambi i valori dei rapporti devono essere minori o uguali a 1 affinché la verifica sia superata.

Si riporta inoltre il valore del rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile della sezione (rapporto x/d) alla rottura della sezione (per sola flessione).

Le sollecitazioni riportate si riferiscono ad un tratto di muro di estensione 1 m.

Mensola in elevazione

Le quote delle sezioni sono riferite allo spiccatto di fondazione.

Sezione 1 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²]	A_f' [cm ²]
0.800	100.0	25.0	(1 Ø 14 / 40 cm) 3.85	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 9)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg·m]
268	107	17.913

Rapporto x/d = 0.12152

Verifica N/M **$S_d/S_u = 0.00151$**

Verifica (25) **$N_d/N_u = 0.00102$**

Sezione 2 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²]	A_f' [cm ²]
0.400	100.0	25.0	[(1 Ø 14 + 1 Ø 12) / 40 cm] 6.68	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 9)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg·m]
535	356	115.080

Rapporto x/d = 0.14926

Verifica N/M **$S_d/S_u = 0.01202$**
Verifica (25) **$N_d/N_u = 0.00196$**

Sezione 3 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²]	A_f' [cm ²]
0.000	100.0	25.0	(1 Ø 14 / 20 cm) 7.70	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 5)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•m]
11075	597	4278.895

Rapporto $x/d = 0.15925$

Verifica N/M **$S_d/S_u = 0.51926$**
Verifica (25) **$N_d/N_u = 0.03996$**

Soletta di fondazione (verificata)

Caratteristiche

B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²]	A_f' [cm ²]
100.0	50.0	(1 Ø 14 / 20 cm) 7.70	(1 Ø 14 / 20 cm) 7.70

Condizioni più gravose (Combinazione 5)

Momento flettente massimo $M_{MAX} = -803.163$ kg•m

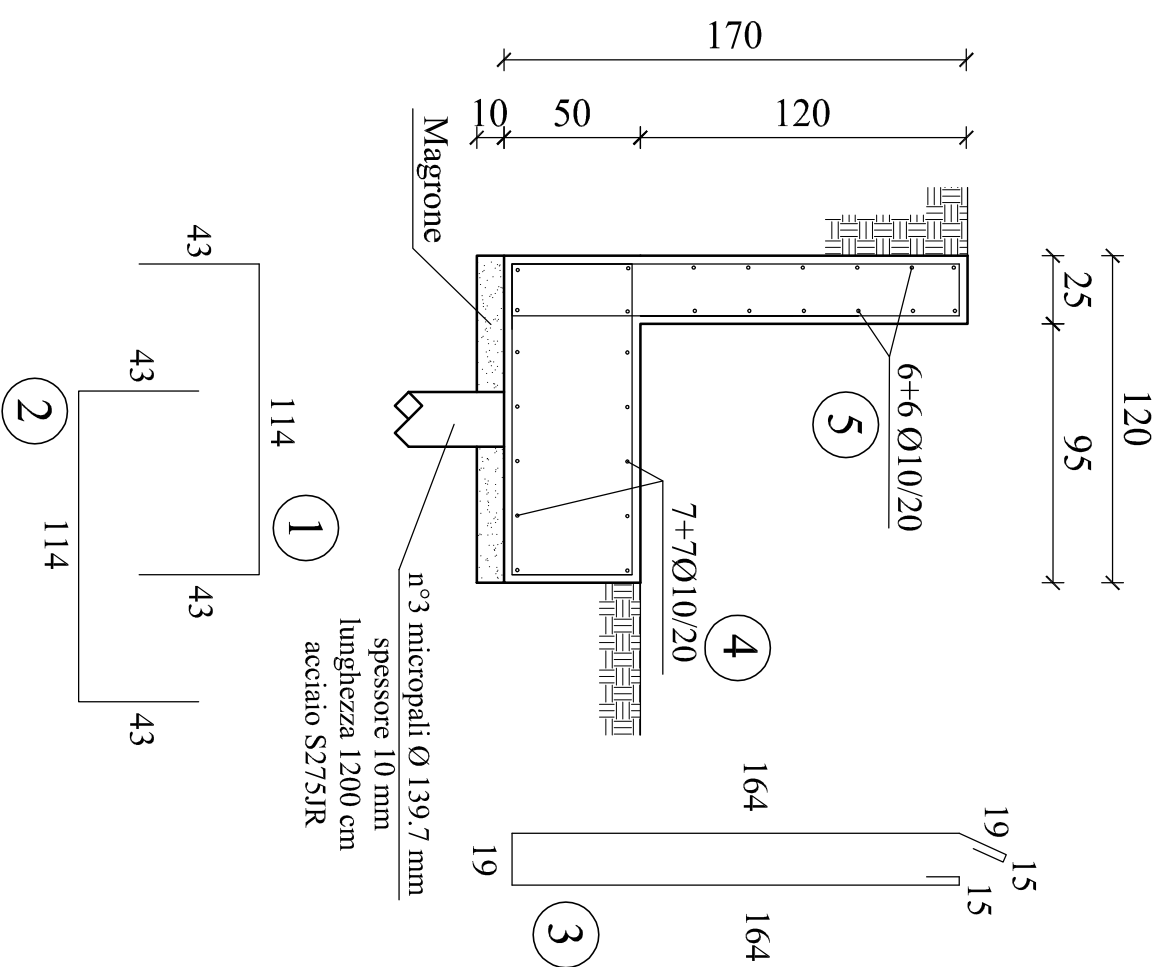
Rapporto $x/d = 0.09714$

Verifica N/M **$S_d/S_u = 0.05910$**

Acqui Terme, lì 08/03/2017

L'ufficio Tecnico Comunale

Sezione - scala 1 : 25



Distinta armatura					
Cod.	Lungh.	Ø	Nro	Peso	Peso T
①	200	Ø14/20	20	2,4	49
②	200	Ø14/20	20	2,4	49
③	396	Ø14/20	20	4,8	96
④	400	Ø10/20	14	2,5	35
⑤	400	Ø10/20	16	2,5	40

L = 4 m

Calcestruzzo: 3,6 m³
 Acciaio: 269 kg
 Magrone: 0,5 m³

Calcestruzzo: Rck = 30,0 N/mm²
 Magrone: Rck = 15,0 N/mm²
 Classe di esposizione XC2
 Acciaio: tipo B450C