

## 1 PREMESSA

Il progetto delle strutture è stato redatto in conformità alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 ed alla Circolare C.S.LLL.PP. 2 febbraio 2009 n. 617.

Data la ridotta pericolosità sismica del sito (*zona 4*) ed essendo la costruzione di *tipo 2* (50 anni  $< V_N < 100$  anni) con *classe d'uso I* (costruzione con presenza solo occasionale di persone), si adotta il metodo di calcolo di verifica alle tensioni ammissibili, in riferimento al capitolo 2.7 delle Norme ed al paragrafo C2.7 della Circolare. 9 gennaio 1996, emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici ai sensi dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971 n°1086.

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- LEGGE 5 novembre 1971 n. 1086 - *norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica*

- D.M. LL.PP. 14 febbraio 1992 - *norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche*

- D.M. 9 gennaio 1996 - *norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche*

- D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380 - *testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia* - così come modificato ed integrato dal decreto legislativo 27 dicembre 2002 n. 301

- D.M. 14 gennaio 2008 - *norme tecniche per le costruzioni*

- Circolare C.S.LL.PP. 2 febbraio 2009 n. 617

### 3 ANALISI DEI CARICHI

I carichi assunti a base di calcolo sono conformi alle prescrizioni di cui al capitolo 3 del D.M. 14 gennaio 2008 - *norme tecniche per le costruzioni* ed al D.M. 16 gennaio 1996 - *norme tecniche relative ai "criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni dei carichi e sovraccarichi"*.

#### 3.1 carichi per unità di volume.

MATERIALI	PESO UNITA' DI VOLUME [kN/m <sup>3</sup> ]
- calcestruzzo ordinario	24,00
- calcestruzzo armato	25,00
- muratura pietrame e malta	22,00
- terra	18,00
- legno	6,00

#### 3.2 carichi orizzontali

Nella *zona Quayes* la spinta del terreno è stata calcolata assumendo:

- peso di volume = 20 kN/m<sup>3</sup>
- attrito terra-muro nullo
- angolo di attrito efficace = 27°
- coesione nulla
- sovraccarico su terreno spingente = 4,00 kN/m<sup>2</sup>

#### 3.3 carico per neve

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

*zona Quayes*

zona 1 – alpina - 1620 m s.l.m.

$$q_{sk} = 1.39 \cdot [1 + (1620/728)^2] = 8.28 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_i = 0.8$$

$$C_E = 1$$

$$C_t = 1$$

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 Acciaio:

- barre acciaio (tipo B450C) ad aderenza migliorata Fe B 44K con tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$

### 4.2 Calcestruzzo:

- per getti di sottofondazioni non armati, calcestruzzo C16/20 dosato a  $2,00 \text{ kN/m}^3$  di cemento tipo 325 ( $R_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$ )
- per getti di fondazioni, muri armati, pilastri, travi, cordoli e solai, calcestruzzo C25/30 dosato a  $3,00 \text{ kN/m}^3$  di cemento tipo 425 ( $R_{ck} > 25 \text{ N/mm}^2$ )

## 5 TIPOLOGIA DELLE STRUTTURE

### 4.1 Fondazioni (in getto pieno di calcestruzzo armato)

- area *vasca Quayes* tensione ammissibile sul terreno:  $\sigma_t < 0,15 \text{ N/mm}^2$

### 5.2 Muri (in getto pieno di calcestruzzo armato)

### 5.3 Solai: (in getto pieno di calcestruzzo armato)

## 6 ANALISI DELLE AZIONI

### 6.1 vasca Quayes

#### 6.1.1 solaio copertura serbatoio

carichi per unità di superficie

##### *permanenti*

- peso proprio	7,50 kN/m <sup>2</sup>
- massello delle pendenze	2,20 kN/m <sup>2</sup>
- impermeabilizzazione	0,55 kN/m <sup>2</sup>
- terra	11,70 kN/m <sup>2</sup>

---

*sommano permanenti solaio* 21,95 kN/m<sup>2</sup>

##### *accidentali*

- su solaio	4,00 kN/m <sup>2</sup>
- carico neve al suolo	8,30 kN/m <sup>2</sup>

#### 6.1.2 solaio copertura camera di manovra

carichi per unità di superficie

##### *permanenti*

- peso proprio	5,00 kN/m <sup>2</sup>
- impermeabilizzazione	0,10 kN/m <sup>2</sup>
- manto di copertura in ardesia e orditura	1,77 kN/m <sup>2</sup>

---

*sommano permanenti solaio* 6,87 kN/m<sup>2</sup>

##### *accidentali*

- neve $\mu_i * q_{sk} * C_E * C_t$	6,63 kN/m <sup>2</sup>
-------------------------------------	------------------------

#### 6.1.3 solaio passerella

carichi per unità di superficie

##### *permanenti*

- peso proprio	3,75 kN/m <sup>2</sup>
- sottofondo e parapetto	0,80 kN/m <sup>2</sup>

---

*sommano permanenti solaio* 4,55 kN/m<sup>2</sup>

***accidentali***

- su passerella	4,45 kN/m <sup>2</sup>
-----------------	------------------------

**6.1.4 solaio accesso**

carichi per unità di superficie

***permanenti***

- peso proprio	5,00 kN/m <sup>2</sup>
- parapetto	0,30 kN/m <sup>2</sup>

---

*sommano permanenti solaio* 5,30 kN/m<sup>2</sup>
***accidentali***

- su solaio	4,00 kN/m <sup>2</sup>
-------------	------------------------

**6.1.5 scala**

carichi per unità di superficie

***permanenti***

- peso proprio	5,00 kN/m <sup>2</sup>
- gradini	2,50 kN/m <sup>2</sup>
- parapetto	0,30 kN/m <sup>2</sup>

---

*sommano permanenti scala* 7,80 kN/m<sup>2</sup>
***accidentali***

- su scala	4,00 kN/m <sup>2</sup>
------------	------------------------

**6.2 pozzetti e camerette di manovra acquedotto****6.2.1 pozzetto manovra su strada veicolare**

carichi per unità di superficie

***permanenti***

- peso proprio	5,00 kN/m <sup>2</sup>
----------------	------------------------

---

*sommano permanenti scalao* 5,00 kN/m<sup>2</sup>
***accidentali***

- sovraccarico su pavimentazione	20,00 kN/m <sup>2</sup>
----------------------------------	-------------------------

**6.2. 72 cameretta manovra in terreno agricolo**

carichi per unità di superficie

***permanenti***

- peso proprio	5,00 kN/m <sup>2</sup>
- terra	5,40 kN/m <sup>2</sup>

---

*sommano permanenti solaio* 10,40 kN/m<sup>2</sup>
***accidentali***

- neve al suolo	8,28 kN/m <sup>2</sup>
- automezzo agricolo	10,00 kN/m <sup>2</sup>

**7      DIMENSIONAMENTO E VERIFICA STATICA**

Il dimensionamento e la verifica statica degli elementi strutturali sono effettuati in applicazione delle norme tecniche di cui al D.M. 9 gennaio 1996, con riferimento al calcolo condotto secondo il metodo delle tensioni ammissibili e le relative regole di progettazione e di esecuzione.

Per quanto concerne i materiali ed i prodotti si applicano le norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

**7.1 Tensioni ammissibili nei materiali*****Acciaio:***

- tensione ammissibile:  $\sigma < 2600 \text{ Kg/cm}^2$

L'acciaio è sempre stato disposto in quantità superiore alla sezione minima.

Le barre indicate nei grafici di progetto hanno una sezione complessiva che talvolta risulta in eccesso sia per ragioni tecnologiche che per ridurre la tensione di compressione nel conglomerato e controllare il fenomeno della fessurazione.

### ***Calcestruzzo***

- tensione ammissibile a flessione e pressoflessione:	85,00 Kgf/cm <sup>2</sup>
- tensione ammissibile a flessione con soletta collaborante:	77,00 Kgf/cm <sup>2</sup>
- tensione ammissibile a taglio senza verifica armatura $\tau_{c0}$ :	5,33 Kgf/cm <sup>2</sup>
- tensione ammissibile a taglio con verifica armatura $\tau_{c0}$ :	17,00 Kgf/cm <sup>2</sup>

Le tensioni nel conglomerato risultano sempre inferiori ai valori sopra indicati.

#### ***7.1.1 vasca - platea di base***

La fondazione della vasca è costituita da una platea priva di alleggerimenti. Il suo dimensionamento è eseguito secondo uno schema di solaio rovescio sul quale agiscono le tensioni del terreno considerate uniformemente distribuite e ricavate come reazione ai carichi verticali trasmessi dai muri.

I carichi direttamente agenti nella platea non determinano sollecitazioni flettenti sulla stessa.

#### ***7.1.2 vasca - muri***

I muri contro terra sono sollecitati dalle spinte orizzontali del terreno e del sovraccarico. I valori del coefficiente di spinta sono calcolati in funzione dell'inclinazione del terreno a monte del muro.

Ove i carichi verticali determinino tensioni trascurabili rispetto a quelle per carichi orizzontali, i muri verranno verificati per flessione semplice.

Le condizioni di vincolo sono iperstatiche con incastro alla base (in fondazione) e appoggio in corrispondenza dei solai .

#### ***7.1.3 vasca - solai e travi***

I carichi su solai sono stati determinati tenendo conto dei carichi permanenti e di quelli accidentali che su di essi insistono, senza alcuna riduzione.

Sulle travi si è fatto gravare il peso di metà del solaio adiacente, l'intero peso di eventuali sbalzi ed il peso di eventuali murature.

Per le travi di bordo parallele al senso di portanza dei solai si è tenuto conto del carico trasmesso da una striscia di solaio larga m 1.00 .

L'altezza utile è sempre stata assunta pari all'altezza della trave diminuita di cm 2.50 o pari all'altezza del solaio diminuita di cm 1.50.

Per le lastre si è tenuto conto di una variazione di cm 1.00 tra gli strati di ferro disposti nelle due direzioni.

I coefficienti di momento flettente sono dedotti con riferimento a schemi di travi continue; in generale i coefficienti vengono ridotti in corrispondenza degli appoggi ed aumentati in mezzzeria per cedimenti di appoggi e possibilità di fessurazione.

I coefficienti  $r$  vengono determinati per sezioni in cui l'effetto di momento flettente è massimo per ogni trave. Nelle sezioni di estremità si assume un momento ridotto.

#### 7.1.4 *pozzetti e camerette acquedotto*

I solai di copertura dei pozzetti posti in strada comunale a transito veicolare sono assimilati a piastre rettangolari semplicemente appoggiate ai bordi.

Per la loro verifica si considera un carico pari a  $q_{lc}=10$  t applicato sulla superficie stradale a quota + 25 cm rispetto al solaio di copertura; vengono trascurati il peso proprio ed il sovraccarico permanente della pavimentazione stradale poiché determinano trascurabili incrementi delle sollecitazioni.

I muri laterali interrati sono assimilati a piastre rettangolari semplicemente appoggiate su tre lati e libere sul bordo inferiore.

Per la loro verifica si considera un sovraccarico uniformemente distribuito sulla pavimentazione stradale di  $2000 \text{ kg/m}^2$ . Nella determinazione delle sollecitazioni si considererà la piastra sollecitata da due carichi orizzontali uniformemente distribuiti: il primo (p) determinato dal sovraccarico, ed il secondo (r) pari ai 2/3 della massima spinta orizzontale del terreno.

Le camerette di manovra poste in terreno agricolo sono assimilate a strutture iperstatiche costituite da muri vincolati ad incastro sulla fondazione ed a semplice appoggio in testa all'altezza del solaio.



## 7.2 Verifica delle sezioni più significative

### 7.2.1 vasca

#### T1

q	7180,00	kg/m
l	2,40	m
T	8616,00	kg
$\tau$	11,60	kg/cm <sup>2</sup>
M12	3447,00	kgm
r	0,418	
A <sub>f</sub>	5,75	cm <sup>2</sup>

#### S1

Q	3025,00	kg/m <sup>2</sup>
l	5,30	m
T	8016,00	kg
$\tau$	3,24	kg/cm <sup>2</sup>
M10	8498,00	kgm
r	0,365	
A <sub>f</sub>	14,16	cm <sup>2</sup> /m
M12	7082,00	kgm
A <sub>f</sub>	11,80	cm <sup>2</sup> /m

#### T2

q	3310,00	kg/m
l	0,65	m
T	2151,00	kg
$\tau$	3,32	kg/cm <sup>2</sup>
M2	700,00	kgm
r	0,805	
A <sub>f</sub>	1,78	cm <sup>2</sup>

**T3**

q	3310,00	kg/m
l	4,60	m
T	7613,00	kg
$\tau$	11,75	kg/cm <sup>2</sup>
M10	7004,00	kgm
r	0,255	
A <sub>f</sub>	17,83	cm <sup>2</sup>
M12	5837,00	kgm
A <sub>f</sub>	14,87	cm <sup>2</sup>

**T4**

q	3310,00	kg/m
l	1,20	m
T	3972,00	kg
$\tau$	6,13	kg/cm <sup>2</sup>
M2	2384,00	kgm
r	0,805	
A <sub>f</sub>	6,07	cm <sup>2</sup>

**T5**

q	2600,00	kg/m
l	0,65	m
T	1690,00	kg
$\tau$	3,48	kg/cm <sup>2</sup>
M2	550,00	kgm
r	0,875	
A <sub>f</sub>	1,40	cm <sup>2</sup>

**T6**

q	2600,00	kg/m
l	1,20	m
T	3120,00	kg
$\tau$	6,42	kg/cm <sup>2</sup>
M2	1872,00	kgm

r	0,474	
A <sub>f</sub>	4,77	cm <sup>2</sup>

**S2-S3-S4-S5-S6-S7**

Q	1350,00	kg/m <sup>2</sup>
l	2,80	m
T	1890,00	kg
τ	1,20	kg/cm <sup>2</sup>
M10	1059,00	kgm
A <sub>f</sub>	2,70	cm <sup>2</sup> /m
M12	882,00	kgm
A <sub>f</sub>	2,25	cm <sup>2</sup> /m

**S8-S9**

Q	1350,00	kg/m <sup>2</sup>
l	0,85	m
T	1148,00	kg
M2	488,00	kgm
A <sub>f</sub>	1,25	cm <sup>2</sup> /m

**T7-T8**

q	1890,00	kg/m
l	1,50	m
T	1418,00	kg
τ	4,38	kg/cm <sup>2</sup>
M11	387,00	kgm
r	0,334	
A <sub>f</sub>	1,48	cm <sup>2</sup>

**S10**

Q	900,00	kg/m <sup>2</sup>
l	3,00	m

T	1350,00	kg
M10	810,00	kgm
r	0,421	
A <sub>f</sub>	3,09	cm <sup>2</sup> /m

### **S11**

Q	900,00	kg/m <sup>2</sup>
l	1,80	m
T	810,00	kg
τ	4,38	kg/cm <sup>2</sup>
M10	292,00	kgm
r	0,314	
A <sub>f</sub>	1,11	cm <sup>2</sup> /m

### **Pianerottolo accesso**

Q	930,00	kg/m <sup>2</sup>
l	1,30	m
T	1209,00	kg
τ	0,77	kg/cm <sup>2</sup>
M2	786,00	kgm
r	0,624	
A <sub>f</sub>	2,06	cm <sup>2</sup> /m

### **Scala**

Q	1180,00	kg/m <sup>2</sup>
l	4,60	m
T	2714,00	kg
τ	1,72	kg/cm <sup>2</sup>
M10	2497,00	kgm
r	0,350	
A <sub>f</sub>	6,54	cm <sup>2</sup> /m
M12	2080,00	kgm
A <sub>f</sub>	5,44	cm <sup>2</sup> /m

### 7.2.2 pozzetti e camerette di manovra

#### pozzetto (140\*140)

$a_x = b_x$	1,65	cm
$\gamma$	2,80	
$\nu$ (Poisson)	0,15	
$a_l = b_l$ (impronta)	80	cm
$q_{lc}$	15,63	t/ m <sup>2</sup>
$k_{xs} = k_{ys}$	0,105	
$M_{xs} = M_{ys} = q \cdot a_l \cdot b_l$	1050	kgm
$A_{f1} = A_{f2}$	3,39	cm <sup>2</sup>
$\sigma_c$	33,00	kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_f$	1912,00	kg/cm <sup>2</sup>
$\tau$ (carico $q_{lc}$ su perimetro piastra)	1,13	kg/cm <sup>2</sup>
$\tau$ (carico $q_{lc}$ su perimetro torrino)	1,99	kg/cm <sup>2</sup>

#### cameretta (260\*260)

##### *solaio*

Q	2040	kg/m <sup>2</sup>
l	2,85	m
T	2907,00	kg
$\tau$	1,85	kg/cm <sup>2</sup>
M9	1842,00	kgm
r	0,407	
$A_f$	4,82	cm <sup>2</sup> /m

#### cameretta (260\*260)

##### *muri e fondazioni*

$M_r$	298,35	kgm
T	934,00	kg
$A_f$	0,62	cm <sup>2</sup> /m
$M_s$	1071,00	kgm
$M_{lr}$	580,00	kgm
$\eta$	1,85	
$\sigma_T$	1,19	kg/cm <sup>2</sup>