

Provincia di FERMO

# Comune di SANT'ELPIDIO A MARE



## LAVORI DI MESSA A NORMA DI SICUREZZA DEL CAMPO SPORTIVO MANDOZZI PROGETTO ESECUTIVO

**Proprietà:** COMUNE DI SANT'ELPIDIO A MARE  
Piazza Matteotti, 8 - 63811 SANT'ELPIDIO A MARE (FM)  
**Area 4 - Patrimonio OO.PP.**  
Via Porta Canale, 6 - 63811 SANT'ELPIDIO A MARE  
  
Responsabile area: Arch. Monia Illuminati  
Responsabile unico del procedimento: Arch. Monia Illuminati

### UBICAZIONE

Via Giovanni XXIII

### DATI CATASTALI

Foglio: 51  
Particelle: 175-176

**Tavola:** Oggetto: RELAZIONI SPECIALISTICHE (progetto strutturale)  
Relazione di calcolo MURO A

**DATE**  
Revisione 01.2015

# RS2

### Materiali:

Calcestruzzo C25/30 (Rck 30 MPa) - XC2  
Acciaio B450C

### NOTE:

Quote e misure vanno verificate in cantiere prima dell'esecuzione

Per presa visione e accettazione: l'impresa

Per presa visione: il Direttore dei lavori

**Progettista:** Ing. Giordano CAPPELLA

Via Martiri delle Foibe, 14 d/m - 62012 Civitanova Marche (MC) tel./fax 0733.810700  
Via Castellano, 1535 - 63811 S. Elpidio a Mare (FM) tel. 0734.990178  
cell. +39.347.3229102 - mail: giordano@cappellastudio.it

## Relazione di calcolo - MURO A

|                      |  |
|----------------------|--|
| Oggetto:             | <b>LAVORI DI MESSA A NORMA DI SICUREZZA DEL CAMPO<br/>SPORTIVO "MANDOZZI"</b>  |
| Comune di:           | <b>SANT'ELPIDIO A MARE (FM)</b>  |
| Stazione appaltante: | <b>Amm.ne Comunale di Sant'Elpidio a Mare</b><br><b>Area IV - OO.PP. Patrimonio</b><br>Via Porta Canale, 6 – 63811 SANT'ELPIDIO A MARE<br>Responsabile area: Arch. Monia Illuminati<br>Responsabile Unico del Procedimento: Arch. Monia Illuminati |

### Generalità

Come indicato nella relazione tecnica illustrativa e nella relazione generale del progetto esecutivo per l'intervento sul campo sportivo "Mandozzi" di Sant'Elpidio a Mare sono previsti due interventi strutturali relativi alla messa in sicurezza di due opere di sostegno indicate nel progetto come **Muro A** e **Muro B** relativi rispettivamente: ad un muro di sostegno a monte del campo sportivo e dei parcheggi che divide la proprietà comunale dalla proprietà privata della paricella 483, ed al muro di sostegno posto sullo spigolo nord-est del campo di gioco che sostiene la strada pubblica "via Giovanni XXIII" e la parte alta delle gradinate.

Nella presente relazione di calcolo si illustrano le analisi e le verifiche del **Muro A** esponendo le soluzioni tecniche adottate, i criteri di verifica, le azioni considerate ed i risultati dei calcoli eseguiti.

### Descrizione dell'opera

L'opera oggetto dell'intervento di messa in sicurezza è un muro di contenimento a mensola di altezza libera fuori terra paria 2,40 metri che sostiene a sua volta una scarpata alta altri 2,30m con una pendenza di circa 37°.

Lo sviluppo complessivo dell'opera, per la parte ad altezza costante e con la scarpata sovrastante, è di circa 40m.

Di questa opera di sostegno non è stato ritrovato negli archivi comunali nessun disegno esecutivo o progetto, altre ricerche non sono state condotte in quanto essendo l'opera di altezza inferiore a 2,5metri è molto probabile che non sia stato effettuato nessun deposito al genio civile in quanto, essendo di altezza

inferiore a 3,00m, fino all'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/1/2008, non era sottoposto ad azioni sismiche e non soggetto a deposito dei calcoli strutturali.

Tale opera nel luglio 2013 è stata sottoposta ad alcune prove sui materiali ed alle verifiche analitiche volte alla determinazione della sua condizione statica al fine dell'emissione del certificato di idoneità statica di cui al D.M. 18/3/1996 risultando NON IDONEO per via di oggettive carenze riscontrabili dalle condizioni del manufatto e dai risultati analitici dei calcoli.

Nell'ambito della redazione del certificato di idoneità statica sono state eseguite le prove per la caratterizzazione del calcestruzzo (le prove sono allegate al certificato di idoneità statica depositato nel luglio 2013 ed alla presente relazione) dal quale è risultato un calcestruzzo di scarsa qualità assimilabile ad una classe C16/20 che non può essere considerato strutturale per opere in zona sismica dove è richiesta una classe minima pari a C20/25.

Il muro di sostegno in oggetto presenta poi in maniera evidente i segni di una rotazione che viene chiaramente documentata nelle immagini seguenti:



*muro a monte del campo - inclinazione rispetto alla verticale*





*muro a monte del campo - inclinazione rispetto alla verticale*

## **Normativa applicata**

---

D.M. Infrastrutture e trasporti 14/01/2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

La Circolare 02/02/2009 n.617/C.S.LL.PP. del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti viene inoltre considerata come riferimento tecnico fondamentale di complemento alle indicazioni del D.M. 14/01/2008.

La seguente normativa, benché non più applicabile, costituisce comunque un riferimento bibliografico di confronto e viene per questo richiamata.

D.M. LL.PP. del 24/01/1986 "Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche".

D.M. LL.PP. 09 gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche".

D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".

D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

Circolare Ministero LL.PP. n.252 del 15 ottobre 1996 "Istruzione per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche di cui al decreto ministeriale 09 gennaio 1996".

Circolare Ministero LL.PP. n.156 del 04 luglio 1996 "Istruzione per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996".

Circolare Ministero LL.PP. n. 65/AA.GG del 10 aprile 1997 "Istruzione per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 gennaio 1996".

D.G.R. Marche n.1046/2003 e s.m.i.

## Valutazione del grado di sicurezza attuale

---

Con il Certificato di Idoneità Statica, redatto nel luglio 2013 ai sensi del D.M. 18/3/1996, sono state condotte le verifiche di stabilità previste dal D.M. 14/1/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" dal quale è risultato che l'opera non è staticamente idonea con evidenti segni di un movimento rotazionale in atto o comunque temporaneamente interrotto e calcestruzzo di scarsa resistenza a compressione: Le prove di compressione effettuate sul materiale prelevato in situ hanno poi evidenziato una scarsa resistenza a compressione del calcestruzzo risultando pari a:

$$F_c = 16.5 \text{ N/mm}^2$$

Si rimanda pertanto ai risultati del suddetto certificato per quanto riguarda la valutazione del grado di sicurezza attuale dal quale emerge la necessità di un intervento di rinforzo e messa in sicurezza per il quale l'amministrazione comunale ha avviato le procedure con la redazione di un progetto preliminare-definitivo nel dicembre 2013 e che viene completata con la presente progettazione esecutiva.

## Descrizione dell'intervento

---

Per la messa in sicurezza dell'opera di sostegno si è optato per una scelta volta ad evitare la demolizione del muro esistente per una serie di motivi riguardanti essenzialmente la necessità di non modificare le condizioni statiche dei terreni circostanti e per evitare che l'intervento comportasse di dover intervenire sugli impianti presenti (gas metano e pubblica illuminazione).

E' stata quindi progettato un nuovo muro di sostegno a sbalzo in calcestruzzo armato con mensola di fondazione interamente a valle la cui mensola verticale sarà completamente aderente al muro esistente in c.a.

La sezione della mensola verticale sarà di tipo trapezoidale così da riempire l'inclinazione creata dalla rotazione del muro esistente.

L'altezza del nuovo paramento sarà di 2,20m tale da consentire di realizzare l'opera senza interferire con il tubo di gas metano che alimenta la centrale termica degli spogliatoi dell'impianto sportivo posti alla fine del muro oggetto di intervento.

## Determinazione dei parametri dell'azione sismica

---

La struttura da realizzare si trova in comune di Sant'Elpidio a Mare (FM) in via Papa Giovanni XXIII.

La destinazione prevalente è di **MURO DI SOSTEGNO A MENSOLA IN CALCESTRUZZO ARMATO** per cui sono stati assunti i seguenti parametri:

Tipo di costruzione: **2** (opere ordinarie)

Vita Nominale: **50 anni** (valore minimo per edifici di civile abitazione)

Classe d'uso: **II (Cu=1,0)** *costruzione il cui uso prevede normali affollamenti*

Vita di riferimento:  $V_R = V_N * C_u = 50 \text{ anni} * 1,5 = \underline{\underline{50 \text{ anni}}}$

Si trova ad una quota di 218 m sul livello del mare, le coordinate geografiche assunte come riferimento del sito sono:

|       |                  |
|-------|------------------|
| Lat.  | <b>43,231630</b> |
| Long. | <b>13,684258</b> |





Il punto si trova all'interno del reticolo di riferimento tra i punti: 22535 – 22536 – 22757 – 22758



Dalle indagini effettuate sui terreni il suolo è di categoria C

Il coefficiente di amplificazione topografica è T1



Lo smorzamento assunto è del **5%** (coeff.  $\eta = 1$ )

I parametri per il calcolo dell'azione sismica per i diversi stati limite prescritti dalle norme tecniche di cui al DM 14/01/2008 sono i seguenti:

| Stato limite            | Pvr [%] | Tr [anni] | $a_g$ [g] | $a_g$ [s] | Fo    | T*c [s] |
|-------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-------|---------|
| SLO (operatività)       | 81      | 30        | 0,050     | 0,4905    | 2,416 | 0,278   |
| SLD (danno)             | 63      | 50        | 0,064     | 0,6278    | 2,471 | 0,289   |
| SLV (salvaguardia vita) | 10      | 475       | 0,183     | 1,7952    | 2,465 | 0,315   |
| SLC (collasso)          | 5       | 975       | 0,239     | 2,3446    | 2,513 | 0,321   |

## Analisi della spinta del terreno

Nell'ambito delle prove effettuate per la redazione del certificato di idoneità statica del 2013 è stata commissionata al dott. geol. Massimo Basili di Porto Sant'Elpidio un'indagine geologica che per il presente progetto è stata integrata, nell'ottobre 2014, ed approfondita ottenendo così un'indagine geologica complessiva sull'area di intervento basata tra l'altro su 2 sondaggi geognostici, su 2 prove penetrometriche dinamiche e su 1 acquisizione sismica passiva per la determinazione della categoria di suolo.

Il tutto è meglio dettagliato nella relazione geologica allegata al progetto.

La spinta sul muro è stata quindi calcolata in base ai parametri geotecnici di seguito riassunti, rimandando al rapporto geologico ed alla relazione geotecnica per una quadro completo delle condizioni litostratigrafiche dei terreni:

### •Limo argilloso sabbioso concrezionato – litotipo A

Litotipo non presente nelle stratigrafie relative al muro

| Parametro | Valore dalle indagini        | Valore caratteristico<br>(ai sensi DM 14/01/2008) |
|-----------|------------------------------|---|
| $\gamma$  | 1900 kg/m <sup>3</sup>       | 1900 kg/m <sup>3</sup>                            |
| Cu        | 0.5 – 1.7 kg/cm <sup>2</sup> | 0.7 kg/cm <sup>2</sup>                            |
| C'        | 0.0 – 0.1 kg/cm <sup>2</sup> | 0.04 kg/cm <sup>2</sup>                           |
| $\phi'$   | 22° - 26°                    | 23°   |
| Ed        | 29-136 kg/cm <sup>2</sup>    |   |
| Es        | ---                          |   |
| Kv        | 0.4 – 1.0 kg/cm <sup>3</sup> |   |

Dalla sezione geologica si può dedurre che sia le spinte sul muro che il terreno di fondazione sono date dal **litotipo A**.



La presenza del muro esistente a monte del nuovo muro di sostegno è stata considerata nel calcolo della spinta associando alle proprietà del terreno una sorta di **coesione fittizia** dovuta dal fatto che il calcestruzzo del muro esistente impedisce al terreno di franare al pari di quanto accade nei terreni dotati di coesione.

Pur non essendo una struttura di sostegno adeguata, in quanto non rispetta i coefficienti di sicurezza previsti dalla normativa, impedisce comunque al terreno di franare svolgendo pertanto un'azione di riduzione della spinta sul nuovo muro di sostegno che si va a realizzare.

Pertanto per valutare analiticamente il valore di coesione da associare al terreno per considerare la presenza del muro si è partiti dalla considerazione che nei terreni coesivi la spinta attiva si esercita a partire dalla profondità critica  $Z_c$  che è data dalla relazione:

$$Z_c = \frac{2c'}{\gamma\sqrt{K_a}}$$

Considerando  $Z_c$  pari all'altezza di calcolo del muro, assunta nella misura media di 2,40m, e calcolando il  $K_a$  relativo all'angolo di attrito di 23° dello strato di "*limo argilloso sabbioso concrezionato*" (pari a 0,43809) ed invertendo la formula si determina la coesione che rappresenta il muro esistente:

$$c' = \frac{Z_c \cdot \gamma \cdot \sqrt{K_a}}{2}$$

Si ottiene così:

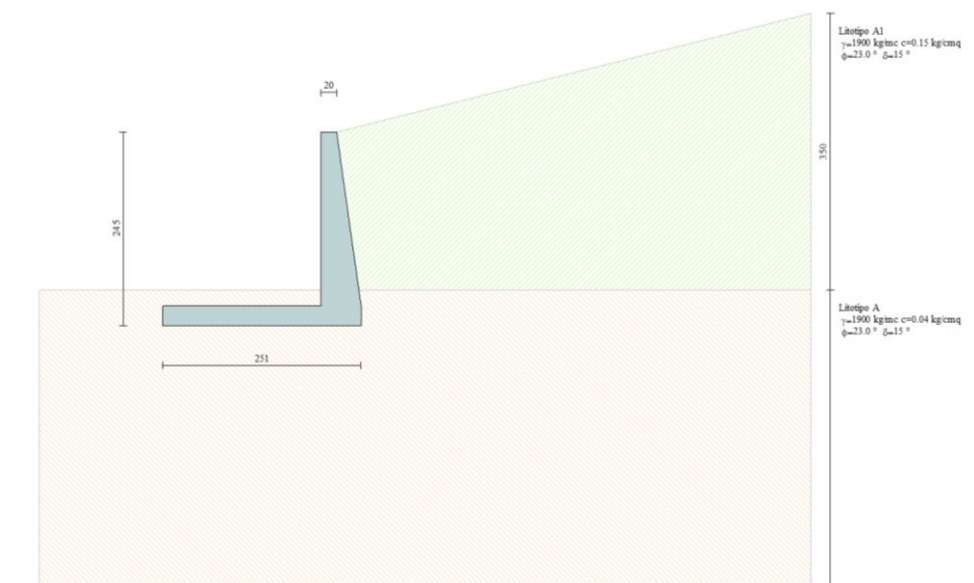
$$c' = \frac{2,40m \cdot 1900 \frac{kg}{m^3} \cdot \sqrt{0,43809}}{2} = 1509 \frac{kg}{m^2} = 0,15 \frac{kg}{cm^2}$$

## Verifica dell'opera di sostegno

---

La verifica dell'opera di sostegno è dettagliatamente riportata nel fascicolo dei calcoli allegato al progetto dove sono riportati tutti gli elementi relativi al calcolo della spinta, le verifiche di stabilità geotecniche e strutturali, le verifiche della fondazione.

Per il calcolo dell'opera è stata modellata la seguente sezione dell'opera:



In base a quanto previsto dal capitolo 6, ed in particolare dai paragrafi 6.2.3. – 6.5. – 7.11.6. del D.M. 14/1/2008 le verifiche geotecniche e strutturali sono condotte con l'**approccio 1, combinazioni 1 e 2, e con l'approccio 2** e le relative combinazioni di coefficienti parziali di sicurezza:

Approccio 1: Combinazione 1 = (A1 + M1 + R1)

Approccio 1: Combinazione 2 = (A2 + M2 + R2)

Approccio 2 = (A1 + M1 + R3)

I coefficienti sono quelli riportati dalle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del D.M. 14/1/2008 e di seguito riassunte:

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

| PARAMETRO   | GRANDEZZA ALLA QUALE<br>APPLICARE IL<br>COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE<br>PARZIALE    | (M1) | (M2) |
|---|---|-----------------------------|------|------|
| <i>Tangente dell'angolo di<br/>resistenza al taglio</i> | $\tan \phi'_k$  | $\gamma_M$<br>$\gamma_\phi$ | 1,0  | 1,25 |
| <i>Coesione efficace</i>                                | $c'_k$  | $\gamma_{c'}$               | 1,0  | 1,25 |
| <i>Resistenza non drenata</i>                           | $c_{uk}$  | $\gamma_{cu}$               | 1,0  | 1,4  |
| <i>Peso dell'unità di volume</i>                        | $\gamma$  | $\gamma_\gamma$             | 1,0  | 1,0  |

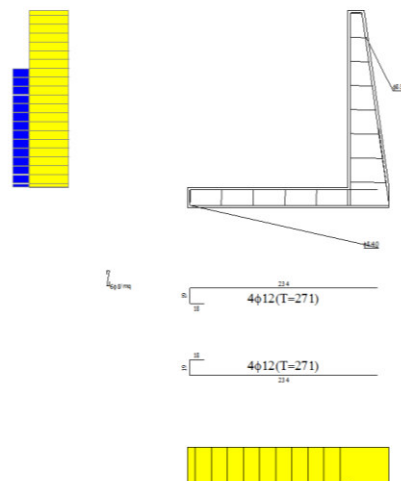
**Tabella 6.5.1 - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.**

| VERIFICA                           | COEFFICIENTE PARZIALE (R1) | COEFFICIENTE PARZIALE (R2) | COEFFICIENTE PARZIALE (R3) |
|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Capacità portante della fondazione | $\gamma_R = 1,0$           | $\gamma_R = 1,0$           | $\gamma_R = 1,4$           |
| Scorrimento                        | $\gamma_R = 1,0$           | $\gamma_R = 1,0$           | $\gamma_R = 1,1$           |
| Resistenza del terreno a valle     | $\gamma_R = 1,0$           | $\gamma_R = 1,0$           | $\gamma_R = 1,4$           |

Rimandando ai tabulati dei fascicoli dei calcoli per un dettaglio completo dei risultati si riportano nelle seguenti immagine un riepilogo dei coefficienti di sicurezza ed una sintesi delle verifiche strutturali sul paramento e sulla fondazione del muro per ciascuna delle sezioni di calcolo dell'opera di sostegno:

### Muro A

| Dettagli coefficienti di sicurezza globali e spinte |             |                          |              |             |             |             |            |
|---|-------------|--------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Comb.   | Tipo comb.  | Sisma                    | FS (ribalt)  | FS (scorr)  | FS (quib)   | FS (stab)   | Spinta(kg) |
| 1   | A1-M1 - [1] | --                       | --           | 1.74        | 5.20        | --          | 1116.57    |
| 2   | A2-M2 - [1] | --                       | --           | 1.46        | 3.10        | --          | 1030.45    |
| 3   | EQU - [1]   | --                       | 17.58        | --          | --          | --          | 1274.13    |
| 4   | STAB - [1]  | --                       | --           | --          | --          | 1.46        | 1030.45    |
| 5   | A1-M1 - [2] | SismaH + SismaV negativo | --           | 1.96        | 5.95        | --          | 648.31     |
| 6   | A1-M1 - [2] | SismaH + SismaV positivo | --           | 1.87        | 5.48        | --          | 648.31     |
| 7   | A2-M2 - [2] | SismaH + SismaV positivo | --           | <b>1.01</b> | <b>2.41</b> | --          | 1030.45    |
| 8   | A2-M2 - [2] | SismaH + SismaV negativo | --           | 1.08        | 2.63        | --          | 1030.45    |
| 9   | EQU - [2]   | SismaH + SismaV negativo | <b>10.97</b> | --          | --          | --          | 1030.45    |
| 10  | EQU - [2]   | SismaH + SismaV positivo | 14.94        | --          | --          | --          | 1030.45    |
| 11  | STAB - [2]  | SismaH + SismaV positivo | --           | --          | --          | <b>1.34</b> | 1030.45    |
| 12  | STAB - [2]  | SismaH + SismaV negativo | --           | --          | --          | 1.37        | 1030.45    |
| 13  | SLEQ - [1]  | --                       | --           | 2.92        | 7.42        | --          | 648.31     |
| 14  | SLEF - [1]  | --                       | --           | 2.92        | 7.42        | --          | 648.31     |
| 15  | SLEF - [1]  | --                       | --           | 2.92        | 7.42        | --          | 648.31     |
| 16  | SLEQ - [1]  | SismaH + SismaV positivo | --           | 2.54        | 6.83        | --          | 648.31     |
| 17  | SLEQ - [1]  | SismaH + SismaV negativo | --           | 2.58        | 7.00        | --          | 648.31     |
| 18  | SLEF - [1]  | SismaH + SismaV positivo | --           | 2.54        | 6.83        | --          | 648.31     |
| 19  | SLEF - [1]  | SismaH + SismaV negativo | --           | 2.58        | 7.00        | --          | 648.31     |
| 20  | SLEF - [1]  | SismaH + SismaV positivo | --           | 2.54        | 6.83        | --          | 648.31     |
| 21  | SLEF - [1]  | SismaH + SismaV negativo | --           | 2.58        | 7.00        | --          | 648.31     |



Il tecnico

Ing. Giordano Cappella