

COMUNE DI LOVERE



**PROGETTO ESECUTIVO SCAVI
ARCHEOLOGICI FINALIZZATI AL
RECUPERO DELLA NECROPOLI, ALLA
SUA CONSERVAZIONE E FRUIBILITA'.**

Via F. Martinoli – Lovere (BG)

RELAZIONE STRUTTURALE A CURA DI:

- Ing. Mario Cottinelli, con studio in Lovere via Tadini n° 4, iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Bergamo al n° 759
- Ing. Dario Catalini, con studio in Lovere via S.Maria n°5, iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Bergamo al n° 1157

RELAZIONE TECNICA IN MERITO ALLE OPERAZIONI DI SCAVO E REINTERRO PER IL RECUPERO DELLA NECROPOLI NELLE ADIACENZE DELLA MURATURA DI CONTENIMENTO DEL TERRAPIENO DEL CAMPO SPORTIVO DELL'ORATORIO DI LOVERE SUL FRONTE DI VIA F.MARTINOLI

PREMESSA:

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Lovere i sottoscritti:

- Ing. Mario Cottinelli, con studio in Lovere via Tadini n° 4, iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Bergamo al n° 759
- Ing. Dario Catalini, con studio in Lovere via S.Maria n° 5, iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Bergamo al n° 1157

hanno esaminato il progetto definitivo, che ha per oggetto "Esecuzione scavi archeologici finalizzati alla definizione del perimetro ed al recupero della necropoli" redatto dall'Arch. Marco Agliardi di Lovere, con studio in via Tadini n° 30 iscritto all'Albo degli Architetti della Provincia di Bergamo al n° 2129.

Dall'esame degli elaborati di progetto si evince che allo stato attuale sono già stati eseguiti scavi in n° 4 trincee parallele fra loro intercalate dai terrapieni esistenti originari.

Le trincee dello sviluppo lineare di circa mt. 18,70 in lunghezza (misura ortogonale al muro), e con larghezza che va da mt. 6,50 per quella più stretta, a mt. 10,00 per quella più larga, si spingono fino alla profondità di circa mt. 2,90 dal piano campagna originario.

Gli scavi sono stati mantenuti alla distanza di mt. 0,8/1,00 dalla testa del muro in sommità, fino ad avere il piede del terrapieno della larghezza di mt. 3,00 circa in fondo allo scavo.

Il materiale scavato è stato accumulato nelle aree interposte fra le trincee a tutt'oggi non ancora interessate dagli scavi.

Il progetto definitivo prevede di:

- completare gli scavi nelle trincee esistenti fino a rimuovere tutto il materiale addossato alla muratura su via F. Martinoli, con mezzi meccanici;
- demolire la recinzione in paletti e rete metallica (altezza mt. 7,00) e rimuovere i 3 pali di illuminazione del campo (altezza circa 11 mt.)
- demolire con mezzi meccanici la parte superiore del muro di contenimento per un'altezza di circa 3 mt., comprensiva del cordolo che sporge di circa 70/80 cm dal piano verde;
- effettuare le operazioni di scavo stratigrafico manuale a bassa difficoltà ed a media alta difficoltà per circa 1,5 mt. oltre l'attuale quota di fondo fossa, cioè fino alla profondità di mt. 4,00/4,50 dall'originario piano del campo di calcio.

Ma l'ipotesi di rimozione della muratura esistente e della recinzione sovrastante, allo stato dell'arte, non è più compatibile con i programmi dell'Amministrazione Comunale, inizialmente finalizzati all'utilizzo del sottosuolo del campo di calcio dell'Oratorio, dopo la rimozione di tutto o di quota parte del volume interrato per realizzare strutture commerciali/autorimesse coperte da una nuova piattaforma attrezzata e campo di calcio.

Al fine quindi di operare con cautela affinché la muratura esistente possa mantenere le sue funzioni sia durante tutte le operazioni di scavo della necropoli sia successivamente qualora si decida di reinterrare gli scavi fino alla quota preesistente e ripristinare il campo di calcio, è necessario verificare le condizioni di stabilità del muro nelle due condizioni operative future:

- a) con scavi a monte eseguiti fino alla profondità di 4,50 circa dal piano originario;
- b) con reinterro dei materiali scavati, ripristino del piano erboso del campo di calcio, riposizionamento rete metallica e pali luce.

STATO DI FATTO:

Prima di tutto è necessario esaminare le caratteristiche costruttive della muratura esistente di sostegno del campo di calcio.

La muratura si sviluppa per circa 100 mt. lineari dallo spigolo verso Valvendra, ove ha altezza massima di mt. 9,00 sopra il piano viabile di via Martinoli fino al confine con l'area ospedaliera, ove ha altezza minima di mt. 7,10.

In effetti l'altezza reale del terrapieno (escludendo quindi il parapetto) rispetto alla strada varia da mt. 8,10 all'angolo con Valvendra a mt. 6,20 al confine con l'ospedale.

Il muro di sostegno, dopo l'esame della documentazione tecnica reperita presso l'Ufficio parrocchiale e dopo l'esito dei carotaggi fatti eseguire dall'Amministrazione comunale, su richiesta dei sottoscritti, il 10 Aprile di quest'anno, ha le seguenti caratteristiche:

- 1) zona da spigolo Valvendra per circa 50-55 mt in direzione ospedale: muro a gravità realizzato con matrice in blocchi di pietra e legante di malta cementizia, con scarpa sia interna (negativa) sia esterna (positiva). Lo spessore è pressoché costante di circa 1,00 – 1,10 mt, salvo rastremarsi verso la sommità dove appare evidente un sopralzo abbastanza recente comprensivo del parapetto di coronamento il cui spessore si riduce a circa 40 cm;
- 2) zona da 55 mt a 70 mt circa da spigolo Valvendra:
 - parte bassa fino all'altezza di mt. 3,40/3,50 circa, muro a gravità dello spessore pressoché costante di 1,00-1.10 m;
 - parte superiore, fino alla sommità, altezza mt. 6,50/6,70 in calcestruzzo armato, solidale con la porzione più a sud, ricostruita nel 1996 dopo il crollo della parte occidentale del muro;

3) zona da mt. 70 spigolo Valvendra a spigolo ospedale per circa 30 ml.:
muratura in c.a. ricostruita nel 1996, per buona parte a tutta altezza (circa 18 mt. lineari) e per i restanti 10/12 mt, fino allo spigolo in confine Ospedale, con sopralzo del muro in c.a. preesistente, di altezza mt. 3,50 circa.

VERIFICHE DI STABILITÀ DEL MURO:

A seguito dei carotaggi effettuati e della documentazione tecnica reperita, si è potuto procedere alle verifiche di stabilità del muro, in particolare sulla parte di esso che tuttora mostra la presenza di qualche dissesto, quasi certamente conseguente al crollo di vent'anni fa. Le caratteristiche dimensionali del manufatto che compaiono negli elaborati di progetto definitivo attribuiscono al muro uno spessore alla base di mt.1,90/2,00 in considerazione della scarpa esterna di circa 0.19-0.20 e ipotizzando una parete interna verticale.

In realtà i sondaggi recentemente eseguiti hanno invece consentito di appurare che il paramento interno del muro è pressoché parallelo a quello esterno e che il massimo spessore del vecchio manufatto in pietrame è pari a poco più di un metro (1,10-1,20 m alla base) molto inferiore a quanto previsto!

Dati muro:

Altezza del muro = 8.08 m

Spessore del muro = 1.00 m

Peso specifico muro $\gamma_m=23.00 \text{ kN/m}^3$

Inclinazione parete $i(\%)= 18.8$

Dati terreno

Altezza del terreno a monte = 7.60 m

Angolo d'attrito interno del terreno $\phi=30^\circ$

Peso specifico del terreno $\gamma_t=18.00 \text{ kN/m}^3$

Sovraccarico sul terreno $q= 2.00 \text{ kN/m}^2$

Dati Sismici

Ricerca del sito

Ricerca per coordinate
 Ricerca per comune
 Isole

Nodi del reticolo

Longitudine: Latitudine:

Parametri interpolati

TR	ag	Fo	Tc*
30	0.033	2.458	0.201
50	0.042	2.479	0.219
72	0.051	2.454	0.233
101	0.058	2.475	0.249
140	0.067	2.464	0.259
201	0.078	2.461	0.266
475	0.109	2.461	0.279
975	0.140	2.486	0.289
2475	0.188	2.530	0.301

Regione: Provincia:
 Comune:

Le sigle individuano aree per le quali è necessaria una valutazione ad hoc
 Elaborazione aprile 2004

VR Stato Limite → ag Fo Tc*

Suolo Ss Topo h/H S_T

a_{max} g β_m k_h k_v

Calcolo delle azioni

Peso proprio del muro $P_m = 7.30 \text{ m}^3 \times 23.00 \text{ kN/m}^3$ = 167.9 kN
 Spinta sul muro del terreno S_t = 199.7 kN
 Spinta dovuta a q sul muro S_q = 5.5 kN

Verifiche

a) Ribaltamento attorno a O

$$\text{Momento stabilizzante} \quad \underline{M_{st}} = 167.9 \text{ kN} \times 1.16 \text{ m} = \mathbf{194.80 \text{ kNm}}$$

$$\begin{aligned} \text{Momento ribaltante} \quad \underline{M_{rib}} &= 5.5 \text{ kN} \times 2.24 \text{ m} &= 12.32 \text{ kNm} &+ \\ &199.7 \text{ kN} \times 1.14 \text{ m} &= \underline{239.98 \text{ kNm}} &= \\ &&= \mathbf{252.30 \text{ kNm}} & \end{aligned}$$

$$F_s = 194.80 / 252.30 = 0.77 \ll 1.5 \quad \mathbf{NON VERIFICATO!!!}$$

b) Scorrimento rispetto alla base

$$F_h = (5.5 + 199.7) \times \cos 30^\circ = 178.44 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} F_v &= (5.5 + 199.7) \times \sin 30^\circ = 102.60 \text{ kN} &+ \\ &\underline{167.90 \text{ kN}} &= \\ &\mathbf{270.50 \text{ kN}} \end{aligned}$$

$$F_s = (270.50 \times \tan 30^\circ) / 178.44 = 156.17 / 178.44 = 0.875 < 1.5 \quad \mathbf{NON VERIFICATO!!!}$$

CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ DEL MURO

Anche ipotizzando un angolo d'attrito superiore ai 30° adottati nella verifica allo scorrimento non risulterebbero sufficienti garanzie di stabilità allo scorrimento del muro rispetto al terreno. Probabilmente la stabilità allo scorrimento è stata sin qui garantita da un efficace incastro del muro stesso in una pavimentazione stradale ben compatta (forse addirittura in roccia). Per quanto concerne la stabilità al ribaltamento, il fatto che buona parte del muro abbia retto fin qui, pur deformandosi e fessurandosi in vari punti, è da attribuirsi al fatto che questo muro è nato probabilmente come muro di *sottoscarpa* di altezza un bel po' inferiore all'attuale, con sezione corrispondente alla tradizionale tipologia di muri a gravità in uso un secolo fa per stabilizzare, più che sostenere, le scarpate a monte di sedi stradali e ferroviarie. Soltanto in seguito questo muro, sopralzato probabilmente a più riprese, ha assunto la funzione di muro di sostegno vero e proprio di un terrapieno artificiale assai più alto e più spingente della scarpata che il muro originario doveva contrastare. Fortunatamente l'esecuzione in più fasi distanziate nel tempo dei sovralzi ha consentito ai vari strati di terrapieno artificiale di compattarsi e di acquistare coesione sufficiente a contenere l'entità della spinta al ribaltamento ed allo slittamento del muro. La presenza, inoltre, di un sistema di

drenaggio ha contribuito, almeno là dove funzionava, ad evitare sovrappressioni pericolose sul paramento del muro.

Le verifiche allegate dimostrano che le condizioni di stabilità del vecchio muro sono assolutamente precarie e legate ad alcuni fattori che potrebbero venir meno se si alterassero le condizioni di equilibrio raggiunte nel tempo.

Le operazioni di scavo fino ad oggi realizzate, non hanno, almeno in apparenza, alterato gli equilibri statici per i seguenti motivi:

- a) sono state fatte per brevi tratti di 7 - 8 mt. di sviluppo lineare ciascuna in parallelo al muro;
- b) gli scavi sono profondi non più di 2,90 mt. dal piano di campagna;
- c) gli scavi hanno mantenuto una distanza di sicurezza dal muro così da non alterare l'equilibrio consolidato fra muro e terreno adiacente
- d) fra una trincea di scavo e l'altra è tuttora presente l'originario terrapieno di larghezza fronte muro 16/18 mt.

Ben diverso esito potrebbe invece produrre la rimozione completa dei residui di terrapieno contro muro, se effettuata, come previsto in progetto, con miniescavatore da 50 q.li per tutta la larghezza della trincea!

Infatti, soprattutto se la trincea venisse ulteriormente approfondita di 1-1,5 metri con scavi manuali ed il fronte di scavo allargato a 8/10 mt e oltre: **il muro strapiombante verso monte**, liberato dal contrasto del terrapieno, potrebbe crollare all'improvviso, soprattutto nella parte centrale ove la presenza di crepe longitudinali evidenzia preoccupanti segni di dissesto. Il franamento verso l'interno della parte più alta, emergente dagli scavi, potrebbe creare contraccolpi anche sulla parte residua sottostante, con ricaduta di parti di muratura verso l'esterno.

Queste considerazioni sono importanti per comprendere quanto sia grande il rischio di crolli che comporterebbe lo svuotamento del terrapieno a tergo del muro ed il suo successivo riempimento con materiale sciolto, senza prendere le dovute precauzioni: il materiale sciolto eserciterebbe sul muro, almeno nella fase iniziale, una spinta assai superiore a quella che ha esercitato in passato, spinta che certamente la parte centrale, che è la più dissestata, non sarebbe in grado di contrastare.

OPERE FINALIZZATE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL MURO A GRAVITÀ

In base agli esiti delle verifiche di stabilità sopra riportate sembrerebbe a questo punto del tutto sconsigliabile l'intervento di scavo prospettato, invece, **paradossalmente, quella degli**

scavi archeologici in progetto sembra essere un'occasione assai propizia per eliminare definitivamente il rischio di nuovi crolli parziali del muro.

L'intervento prospettato dai sottoscritti con l'obiettivo di stabilizzare il manufatto consiste nel prevedere un reinterro a tergo del muro dopo l'esecuzione degli scavi con il metodo della "terra rinforzata". Questo metodo, ormai sperimentato da decenni, consentirà di ridurre, se non addirittura annullare, la spinta sulla parte superiore del muro di sostegno eliminando totalmente i rischi di crollo presenti soprattutto nella fase di riempimento a tergo del muro. Il metodo consiste nella esecuzione per strati opportunamente compattati del reinterro con l'interposizione di *geotessuti* o, meglio, *geogriglie* fra uno strato e l'altro ed il risvolto di ogni telo sopra lo strato successivo. Si può ottenere così nel nostro caso una scarpata di terra armata anche di forte pendenza in grado di autosostenersi senza il contributo determinante del vecchio muro di sostegno. Sarà assolutamente raccomandabile completare il riempimento degli spazi vuoti tra terra rinforzata e paramento del muro con materiale drenante (ciotoli e ghiaia) e disporre un tubo di drenaggio sul fondo dello scavo.

MODALITÀ OPERATIVE D'ESECUZIONE DEI LAVORI DI SCAVO E REINTERRO

è possibile ipotizzare una serie di modalità operative che possano garantire la stabilità della muratura sia durante le operazioni di scavo per la campagna di ricerca dei reperti archeologici, sia a riporto terrapieno completato.

- a) installazione recinzione di protezione di cantiere lungo la via F.Martinoli in parallelo alla muratura, per tutto lo sviluppo lineare della stessa, alla distanza di non meno di mt. 3,00 dal piede del muro;
- b) asportazione completa dei paletti di sostegno e della recinzione metallica in testa al muro,
- c) rimozione dei tre pali dell'illuminazione del campo sportivo
- d) sbancamento assistito con miniescavatore nelle adiacenze del muro e scavo stratigrafico manuale di bassa e media difficoltà, come previsto dal progetto esecutivo, da effettuarsi per sviluppo lineare fronte muro non superiore a 4/5 mt, con conseguente mantenimento di "rostri" di terrapieno alternati alle zone di scavo.
- e) reinterro delle zone scavate mediante riporti di materiale con il metodo della "terra rinforzata", da realizzare nelle trincee scavate, prima di operare con nuovi scavi nelle zone adiacenti
- f) installazioni di opere provvisorie di sicurezza sia esterne che interne al muro qualora si ravvisino segnali di cedimenti localizzati, crepe, distacchi di materiale ed altro;

g) controllo costante e monitoraggio visivo/fotografico del manufatto murario, al fine di prevenire e/o evidenziare immediatamente situazioni di pericolo,

h) assistenza continua di tecnici competenti a rilevare lo stato delle opere soprattutto durante le fasi di escavazione con mezzi d'opera e durante il riporto con terre armate.

Lovere, 10 luglio 2014

I TECNICI INCARICATI:

ing. Dario Catalini

Ing. Mario Cottinelli

