

# **Consolidamento delle fondazioni delle mura di Mdina**

Tesi progettuale

Sessione di laurea del 27 Luglio 2015

**Laurea triennale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio**

**Candidata**

**Francesca Zacchei**

**1462380**

Relatore

Prof. Quintilio Napoleoni

(Fondamenti di Geotecnica – ICAR/07)

# Riassunto

Questo lavoro è dedicato alla progettazione del consolidamento delle fondazioni delle mura dei magazzini, situati nella “Magazines Street” a Mdina, una città fortificata situata nell’entroterra maltese, che durante il periodo dei Cavalieri di Malta fu innalzata a baluardo della Cristianità, divenendo uno dei principali poli di difesa di tutto il Mar Mediterraneo.

L’analisi è interessata principalmente alla struttura della fortezza Ospedaliera, ripercorrendo in ordine temporale la sequenza di informazioni che si devono ottenere, al fine di conoscere le componenti che costituiscono il caso in esame, giustificando la scelta progettuale in funzione della dinamica di diversi aspetti, che, interconnessi tra loro, partecipano attivamente alla formulazione della stessa.

Alla base del lavoro di progettazione, sono stati presi come riferimento gli studi contenuti nel documento ufficiale del “Dipartimento dell’unità di restauro, costruzione e manutenzione del lavoro di indagine del terreno dei bastioni di Mdina e del sistema di monitoraggio - MDN02 (Zona C)” (*“Restoration Unit, Construction and Maintenance Dept. Mdina Bastions Ground Investigation Work and Monitoring System - MDN02 (Zone C)”*).

Il lavoro si articola in quattro sezioni riguardanti le differenti fasi dell’analisi progettuale:

- 1) conoscenza della struttura dal punto di vista storico-architettonico;
- 2) panoramica delle caratteristiche geologiche e sismiche del territorio;
- 3) acquisizione dei dati geotecnici, tramite indagini e prove in sito e in laboratorio;
- 4) scelta progettuale e modello geotecnico, eseguito utilizzando le azioni risultanti dal modello FEM ed applicando i fattori parziali per lo stato limite ultimo.

L’obiettivo è quello di trovare un’adeguata soluzione progettuale, che preservi la storicità e la peculiarità dell’area, garantendo il consolidamento e il restauro delle mura, quindi che intrinsecamente contempra i criteri dettati da Vitruvio e seguiti dagli ingegneri militari, quali: *Firmitas* (Durata), *Utilitas* (Convenienza) e *Venustas* (Bellezza).

Per effettuare il consolidamento si è optato sull’utilizzo della tecnologia dei micropali, posizionandoli lungo le pareti trasversali interne, al fine di sostenere le mura dei magazzini, con l’inserimento di barre di acciaio trasversali per collegare tutta la struttura.

La scelta dei micropali si avvale della loro capacità di adeguarsi come sottofondazione, rinforzo e riparazione di strutture già esistenti in condizioni statiche e sismiche; poiché fondazioni indirette, raggiungono elevate profondità, trasferendo i carichi applicati dalla struttura agli strati di terreno inferiori, che presentano caratteristiche meccaniche migliori.

La superficie dei magazzini è stata suddivisa distribuendo quasi uniformemente i micropali lungo le pareti longitudinali e considerando l'influenza reciproca attraverso un'approssimazione numerica dell'interasse.

Per il calcolo della capacità portante dei micropali è stato considerato l'approccio di Bustamante e Doix (1985), un criterio sperimentale basato sui risultati del Test di penetrazione Standard "SPT" (*Standard Penetration Test*).

Una volta trovato il carico limite, viene effettuata la verifica del coefficiente di sicurezza ( $F_s$ ) attraverso l'applicazione dell'approccio 1, di cui vengono sviluppate entrambe le combinazioni:

- Combinazione A1: per la verifica in condizioni statiche per la struttura (STR);
- Combinazione A2: per la verifica in condizioni sismiche per la geotecnica (GEO).

I risultati delle combinazioni statiche e sismiche mostrano che il coefficiente di sicurezza è maggiore del limite inferiore richiesto ed infine si ottiene il dimensionamento del micropalo per entrambe le combinazioni, individuando una lunghezza di 8m per il palo iniettato.

I micropali adiacenti al muro devono resistere a carichi maggiori per entrambe le condizioni, per cui è stata calcolata una lunghezza di 13m; mentre per i pali posti lungo la parete trasversale è stata applicata un'inclinazione di 4° e 10°, per svolgere una funzione di sostegno e per assorbire le forze sismiche, contrastando eventuali spostamenti orizzontali della struttura.