

PROGRAMMA PRIN PNRR 2022 - BANDO PRIN PNRR 2022 Decreto Direttoriale n. 1409 n. 1409 del 14-9-2022

TITOLO DEL PROGETTO: Multi-Risk Analysis of the vulnerability of archeological sites (MiRA) – P2022W4ESS

CODICE CUP: E53D23017520001

Budget DIST: 90.896,00

PI: Prof. Marco Di Ludovico

Altre Unità di Ricerca coinvolte nel progetto:

Descrizione del progetto

Nell'ambito del progetto MiRA, sono stati sviluppati approcci metodologici in ambito strutturale e geotecnico, per valutare la vulnerabilità dei manufatti archeologici alle azioni orizzontali.

L'approccio strutturale si basa su una proposta di classificazione tipologica di tali manufatti, che si fonda sulla morfologia e sull'efficacia delle connessioni murarie. Si utilizzano modelli analitici basati sull'analisi limite, che si avvalgono di pochi parametri facilmente acquisibili e sono adatti all'applicazione sia alla scala del singolo elemento che di sito. Per affrontare la fase di conoscenza preliminare, è stata condotta un'analisi critica dei dati esistenti sulla muratura pompeiana. I dati raccolti hanno portato alla creazione di un database di oltre 600 test, che è stato sistematizzato per l'integrazione in una piattaforma GIS in collaborazione con il Parco Archeologico di Pompei (PAP). Sono stati inoltre condotti nuovi test sonici in aree di recenti campagne di scavo nella Regio IX (Insule 10 e 12). Successivamente, sono stati analizzati casi studio nel Parco Archeologico di Pompei (PAP), relativi a una specifica tipologia di pareti archeologiche, per la quale si sono considerate diverse qualità di connessioni murarie. Per tale tipologia, Sono state condotte analisi parametriche su un campione statisticamente significativo di elementi per studiare l'influenza dei parametri meccanici e geometrici che incidono sulla risposta OOP delle pareti. Sulla base di queste analisi, sono state sviluppate curve di fragilità tipologiche che stimano, per la tipologia considerata, la probabilità di innesco del meccanismo di danno sotto la domanda sismica prevista. Quest'ultima tiene conto degli effetti di sito, come evidenziato dalla microzonazione di livello III risultante dalle indagini geotecniche. Le curve di fragilità si sono dimostrate utili nella valutazione su larga scala per la classificazione degli elementi archeologici in base al loro livello di rischio associato, espresso come probabilità innesco del danno. Infatti, tale valutazione è stata effettuata per le mura lungo l'asse urbano di via Stabiana, utilizzata come caso di studio per evidenziare come la metodologia possa supportare l'individuazione di priorità nella pianificazione di interventi di mitigazione del rischio.

Per quanto riguarda gli aspetti geotecnici di Pompei, è stata condotta una raccolta e interpretazione preliminare dei dati geologici, geomorfologici, geotecnici e geofisici

disponibili. La georeferenziazione dei rilievi esistenti e dei relativi parametri fisico-meccanici ha permesso di identificare aree con significative incertezze che richiedono ulteriori indagini. Di conseguenza, sono stati condotti e analizzati estesi rilievi geofisici, come MASW e HVSR.

Sono stati inoltre effettuati rilievi GPS per la ricostruzione planimetrica e altimetrica dell'area di studio e per la verifica del modello topografico definito in studi precedenti e reso disponibile dal PAP. In questo modo, sono stati ottenuti modelli bidimensionali dettagliati, utili per le analisi locali della risposta sismica.

Sulla base dei dati ottenuti da rilievi sia esistenti che nuovi, sono state ricavate sezioni stratigrafiche lungo diversi allineamenti dell'antica città. Sono state identificate e caratterizzate microzone sismicamente omogenee attraverso spettri di accelerazione medi, valutati per tre scenari di pericolosità, corrispondenti a periodi di ritorno di 102, 475 e 975 anni. Infine, sono state prodotte mappe di microzonazione sismica di terzo livello per l'antica città di Pompei, traducendo i risultati dell'analisi in un prodotto cartografico. Queste mappe costituiscono il risultato finale della ricerca geotecnica, presentando, in forma concisa e pratica, la distribuzione spaziale degli effetti di amplificazione sismica.

Nel sito archeologico di Pietrabbondante, sono state impiegate tecniche integrate di rilievo digitale e crowdsourcing per caratterizzare il sito e la geometria dei reperti archeologici. Sulla base dei dati acquisiti, è stato sviluppato un approccio Scan-to-BIM-to-Structural Analysis che comprende le seguenti fasi: a) rilievo digitale, b) importazione di nuvole di punti (derivanti dal rilievo integrato) in un ambiente H-BIM (Historical Building Information Modelling), c) esecuzione di analisi del comportamento sismico.

I meccanismi di oscillazione e scorrimento di colonne multidrum sono stati studiati utilizzando modelli a blocchi rigidi. Le analisi dinamiche hanno permesso di identificare gli intervalli di ritorno dell'azione sismica che portano all'attivazione di questi meccanismi di rottura in caso di terremoti verticali e combinati verticali/orizzontali. È stato proposto un criterio di sicurezza basato sulle caratteristiche geometriche e inerziali delle sezioni trasversali delle colonne, unitamente alle traiettorie di spostamento derivate da analisi dinamiche, tenendo conto del comportamento a trazione nulla della muratura.

È stato inoltre generato un Tour Virtuale Tecnico (VT), che raccoglie tutti i dati della ricerca e fornisce un'applicazione orientata alla pratica, utile per la manutenzione e la gestione del sito.

Un tale VT consente un'esperienza immersiva, interattiva e multisensoriale in ambienti virtuali ricostruiti utilizzando tecnologie come immagini panoramiche a 360°, fotogrammetria 3D o gemelli digitali. La principale novità consiste nell'inclusione di dati provenienti da discipline tecniche legate all'ingegneria, come l'ingegneria geotecnica e strutturale, nonché dati geologici, sismologici e rappresentazioni digitali.