



Finanziato
dall'Unione Europea
New Generation EU



Ministero dell'Interno



Città Metropolitana di Palermo

Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Piani Urbani Integrati - M5C2 – Intervento 2.2b



Comune di Palermo
Area della Pianificazione Urbanistica



Riqualificazione del Porto Bandita e delle aree portuali

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

Novembre 2022

PIANO PRELIMINARE DI MONITORAGGIO GEOTECNICO E STRUTTURALE

Il Sindaco: Prof. Roberto Lagalla

L'Assessore: Dott. Andrea Mineo

Il Capo Area: Dott. Sergio Maneri

Il R.U.P.: Arch. Giovanni Sarta

Staff del RUP: arch. Giuseppina Liuzzo, arch. Achille Vitale, Ing. Spiaggia Deborah, Dott. Francesco La Vara, D.ssa Caterina Tardibuono, D.ssa Patrizia Sampino.

Il coordinatore della progettazione: Ing. Gesualdo Guarnieri

Il gruppo di progettazione: Geologo Gabriele Sapio;

Funz. tecn. arch. Marcantonio Virgadamo (responsabile sicurezza in fase di progettazione).

Biologo Fabio Di Piazza;

MONITORAGGIO GEOLOGICO E STRUTTURALE

PIANO PRELIMINARE DI MONITORAGGIO GEOTECNICO E STRUTTURALE

Le attività di monitoraggio volte alla tempestiva individuazione del comportamento e delle eventuali anomalie delle opere, sia durante la loro realizzazione e sia nella vita utile dell'opera.

Considerata la tipologia di interventi previsti, detto monitoraggio assume sicuramente significato per tutte le opere a mare.

Per il monitoraggio geotecnico e strutturale gli strumenti e le tecniche che sono utilizzati possono essere raggruppati in due grandi classi: le tecniche dirette e le tecniche indirette o da remoto.

Nel primo caso c'è necessità di contatto diretto tra strumentazione di misura e oggetto misurato ed è quindi necessario installare uno o più sensori sull'oggetto di cui si vuole conoscere una specifica grandezza fisica (e le sue variazioni nel tempo).

Utilizzando invece tecniche di monitoraggio da remoto questa necessità viene meno e diviene possibile misurare l'andamento nel tempo delle grandezze fisiche di interesse senza alcuna necessità di contatto tra sensore e oggetto.

Tra gli strumenti per il monitoraggio diretto di uso più comune in ambito geotecnico si possono ricordare i clinometri e gli inclinometri per la misura delle inclinazioni delle strutture o degli spostamenti orizzontali nel terreno, i fessurimetri, i deformometri e i trasduttori di spostamento lineari per la misura delle aperture di lesioni e fessure, le celle di pressione e le fibre ottiche per la misura dello stato tensionale e delle deformazioni all'interno di elementi strutturali.

Possono essere considerate misure dirette degli spostamenti anche le misure topografiche manuali o automatizzate mediante stazioni totali robotizzate (ATS) ed il posizionamento GPS differenziale (D-GNSS) su specifici punti materializzati con basette, bersagli e mire ottiche.

Per quanto concerne il monitoraggio da remoto, le tecniche più utilizzate in campo geotecnico risultano essere la fotogrammetria, il laser scanner terrestre (TLS) e l'interferometria radar sia con sensori basati a terra (GBInSAR) che da satellite (DInSAR). Tutte queste tecniche sono volte principalmente alla misura degli spostamenti e delle deformazioni dei manufatti antropici, delle strutture ed anche di scenari naturali (pendii instabili, fronti di roccia, fronti di cava, fronti di scavo). Da sottolineare comunque che sia la fotogrammetria che il TLS hanno spesso necessità dell'installazione, seppur temporanea, di alcuni riferimenti specifici nello scenario monitorato, ad esempio per facilitare l'unione e la comparazione delle differenti riprese fotografiche e/o delle nuvole di punti tridimensionali, che quindi ne limitano in parte la potenzialità di monitoraggio puramente da remoto.

Tra le tecniche completamente da remoto più promettenti spicca l'interferometria radar da terra ad apertura sintetica (GBInSAR) per le caratteristiche che la rendono uno strumento di monitoraggio avanzato di primario interesse in ambito geotecnico e strutturale. Questa tecnica consente di ottenere una ricostruzione spazialmente continua ed estesa arealmente fino ad alcuni km² degli spostamenti di opere geotecniche con precisione sub-millimetrica ed in ogni condizione atmosferica.

Tra le caratteristiche sono da ricordare l'alta frequenza di acquisizione delle immagini (fino ad un'immagine ogni 30'') ed una relativa semplicità di interpretazione delle stesse che consentono quindi una determinazione del campo degli spostamenti dello scenario monitorato sostanzialmente in tempo reale anche per lunghi periodi di tempo (settimane e/o mesi). Gli output che si ottengono, sotto forma di mappe di velocità e spostamento costantemente aggiornate, possono essere georeferenziate e quindi successivamente integrate nell'analisi strutturale e geotecnica volta all'individuazione ed allo studio dei

cinematismi di collasso, nonché per un utilizzo all'interno di sistemi di allertamento rapido (Barla et al. 2011, Barla & Antolini 2016).

Per quanto concerne il monitoraggio geotecnico e strutturale diretto, sono di particolare interesse le reti multisensori wireless (WSN), ovvero reti di sensori collegati con protocolli di comunicazione che utilizzano frequenze radio. In senso più generale le WSN possono essere quindi ricondotte a un'applicazione delle Internet of Things (IoT) ovvero una moltitudine di oggetti eterogenei che interagiscono e dialogano con l'ambiente fisico che le circonda. Le WSN sono tipicamente basate su nodi sensori a basso costo e a basso consumo energetico che riescono così ad assicurare un funzionamento indipendente per tutto il ciclo di vita del nodo. Il segnale acquisito dai vari sensori, controllati dai nodi che fungono da acquisitori e trasmettitori, viene indirizzato verso un nodo coordinatore e da questo ad una piattaforma web da cui è possibile la consultazione, l'interrogazione e lo scaricamento dei dati agli utenti abilitati. La capacità di auto-organizzazione delle WSN fa sì che i dati acquisiti e trasmessi possano di volta in volta utilizzare percorsi differenti all'interno della rete per raggiungere il coordinatore, rendendo, di fatto, la rete scalabile, adattabile alla variabilità degli ambienti in cui sono installate, e con una elevata tolleranza ai guasti; se un singolo nodo sensore si guasta, i protocolli di trasmissione identificano un percorso alternativo per raggiungere il nodo coordinatore. I sensori che si possono impiegare nelle reti WSN sono tra i più svariati e variano in base alla grandezza fisica che risulta necessario misurare.

Il coordinatore alla progettazione: Ing. Gesualdo Guarnieri