

13 INDAGINI STRUMENTALI

LAVORI RESTAURO
LOGGIA FACCIATA
VILLA GHIRLANDA SILVA

CINISELLO BALSAMO (MI)

PROGETTO ESECUTIVO



Cinisello Balsamo, 20/12/2017

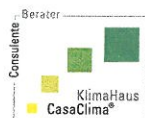
La proprietà

Arch. Vincenzo Guzzo



AHK

Deutsch-Italienische
Handelskammer
Camera di Commercio
Italo-Germanica



via Carducci n° 14, **Cinisello B.mo (Milano)**
tel. +39 02.61.28.404

Helmerdingstrasse n°4, **Berlin**
tel. +49 (0) 305.44.66.993

www.studioguzzo.com



*Consulenza e Diagnostica
per il Restauro Artistico e Monumentale*

**Indagine georadar
su paramenti di
Villa Ghirlanda Silva
- Cinesello Balsamo (MI) -**

Noventa Vic.na, 07/02/2017

Committente: RC Restauro Conservativo

Via Asiago, 32/9 - 36025 Noventa Vic.na (VI) - Tel. 0444760112 e-mail: info@proarteitaly.it

Premessa

Su incarico della ditta RC Restauro Conservativo si sono eseguite delle indagini strumentali mediante georadar presso *Villa Ghirlanda Silva in Cinisello Balsamo (MI)*.

Lo scopo era quello di verificare la lunghezza delle travi che sostengono un balcone della villa e l'eventuale presenza di elementi di giunzione tra i pilastri laterali della balaustra e il "*piano di calpestio*" del balcone.

Principio di funzionamento

La strumentazione impiegata per l'esecuzione delle scansioni *radar* è un dispositivo della MALA GeoScience (mod. Ground Explorer) con antenna a frequenza operante a 750 MHz.

Lo strumento si compone di un'unità di trasmissione-ricezione [antenna tx/rx] e di un'unità di trasduzione e registrazione del segnale.

Il principio di funzionamento dello strumento (fig. 1), legato alla propagazione di un'onda e.m. nel sottosuolo, si basa sul fenomeno fisico di partizione dell'energia ad un'interfaccia tra due mezzi con diverse proprietà dielettriche (costante dielettrica ϵ_r e riflettività R).

In particolare, in corrispondenza di un'interfaccia fisica, l'onda e.m. generata in superficie ed immessa nel sottosuolo per mezzo dell'antenna, subisce un fenomeno di riflessione e parte dell'energia (in funzione del contrasto di impedenza elettrica dei mezzi affacciati e dell'angolo di incidenza del segnale trasmesso) ritorna verso la superficie.

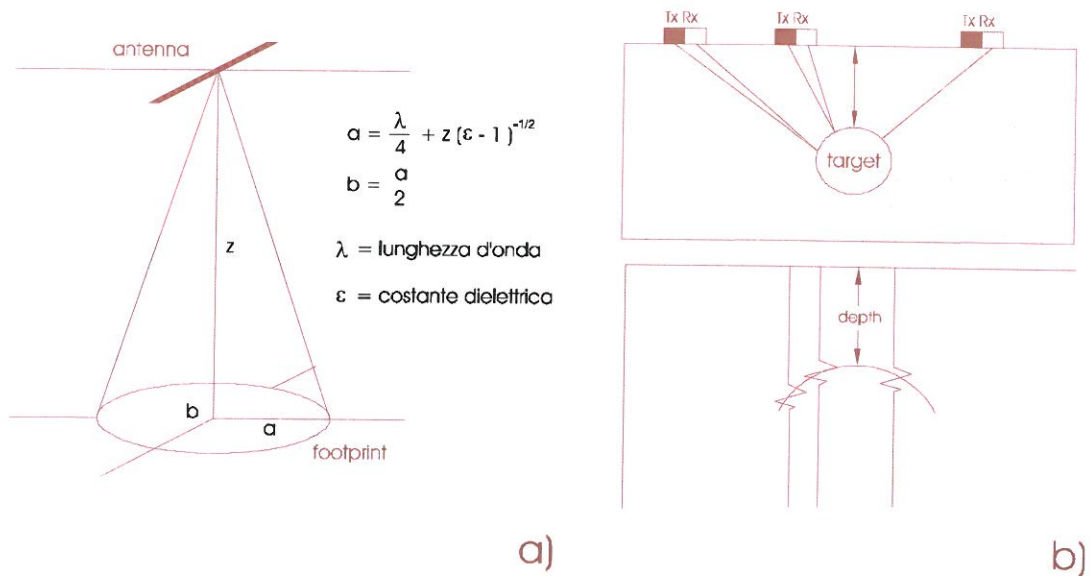


Figura 1 – Propagazione di un'onda elettromagnetica nel sottosuolo: a) angolo solido di emissione dell'onda e footprint dell'antenna sul riflettore; b) configurazione monostatica responso di individuazione di un target.

La configurazione monostatica (fig. 1b) prevede l'utilizzo di una sola antenna (tx = rx) per la trasmissione e la ricezione del segnale, mentre la configurazione bistatica prevede l'utilizzo di due antenne (tx + rx) ad *offset* variabile. La selezione dell'*offset* permette, in prima approssimazione, la stima della velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica e quindi, noto il tempo di registrazione, il calcolo della profondità del *target*.

$$V_m = c / (\epsilon_r / \epsilon_0)^{-1/2} \quad (1)$$

Nel caso specifico è stata utilizzata una configurazione bistatica ad *offset* fisso (0.18 m).

La velocità di propagazione V_m di un'onda e.m. in un mezzo m è data dalla (1) dove c è la velocità della luce nel vuoto (3×10^8 m/s) ed ϵ_r è la costante dielettrica del mezzo, normalizzata rispetto a quella dell'aria.

La conoscenza della costante dielettrica relativa (o della velocità di propagazione v_r) è essenziale ai fini interpretativi, poiché permette di calcolare la profondità (h) di una superficie riflettente, con un errore massimo stimato $\pm 10\%$.

Infatti :

$$h = \frac{ct_r}{2\sqrt{\epsilon_r}}$$

dove t_r è il tempo trascorso tra l'emissione e la ricezione dell'impulso.

L'attenuazione esprime invece la diminuzione dell'intensità del segnale per unità di lunghezza percorsa all'interno del materiale. Essa può essere considerata una funzione complessa della conducibilità elettrica, un'altra caratteristica fisica dei materiali. In generale, è possibile affermare che la massima profondità d'indagine ottenibile in un determinato materiale dipende dal suo valore di attenuazione.

Valori elevati si hanno per i materiali caratterizzati da elevati valori di conducibilità elettrica, quali limi, argille, materiali cristallini solubili, metalli e acque saline; valori bassi sono invece caratteristici di rocce cristalline, ghiaie, sabbie e acque demineralizzate.

Si evidenzia come la presenza d'acqua sia responsabile dell'aumento dei valori di entrambi i parametri, sebbene con intensità diversa nei vari materiali.

I materiali caratterizzati da elevati valori di attenuazione limitano in modo determinante la profondità di indagine; nelle argille plastiche, ad esempio, essa è ridotta a pochi centimetri e nei metalli è praticamente nulla. Per contro, i materiali ad elevato valore di attenuazione sono ottimi bersagli, in quanto riflettono buona parte della radiazione incidente.

La tecnologia HDR (High Dynamic Range) del Radar utilizzato

I vantaggi della nuova tecnologia HDR (High Definition Radar) sono:

- 1) Basso rumore
- 2) Banda di frequenza allargata

Basso rumore:

La tecnologia dei GPR convenzionali utilizza campionamenti di tempo equivalenti, cioè ogni campione lungo la nostra traccia viene raccolto separatamente a intervalli di tempo determinati. Un campione per ogni intervallo di tempo.

Il GPR con tecnologia HDR è un sistema "quasi" a tempo reale, poichè raccoglie una porzione di traccia per ogni intervallo di tempo. Per esempio se usiamo il Ground Explorer 80 (80 MHz di freq. centrale) ci vorranno approssimativamente 5 cicli temporali per raccogliere una traccia intera, mentre i radar convenzionali impiegheranno più di 500 cicli. Quindi la tecnologia HDR crea un sistema estremamente veloce e questo surplus di velocità viene impiegato per lo stacking del segnale. Durante una normale fase di acquisizione (camminando) ogni traccia viene sommata migliaia di volte, riducendo così il rumore al minimo (e dunque aumentando il n. di bits significativi).

Banda di freq. allargata:

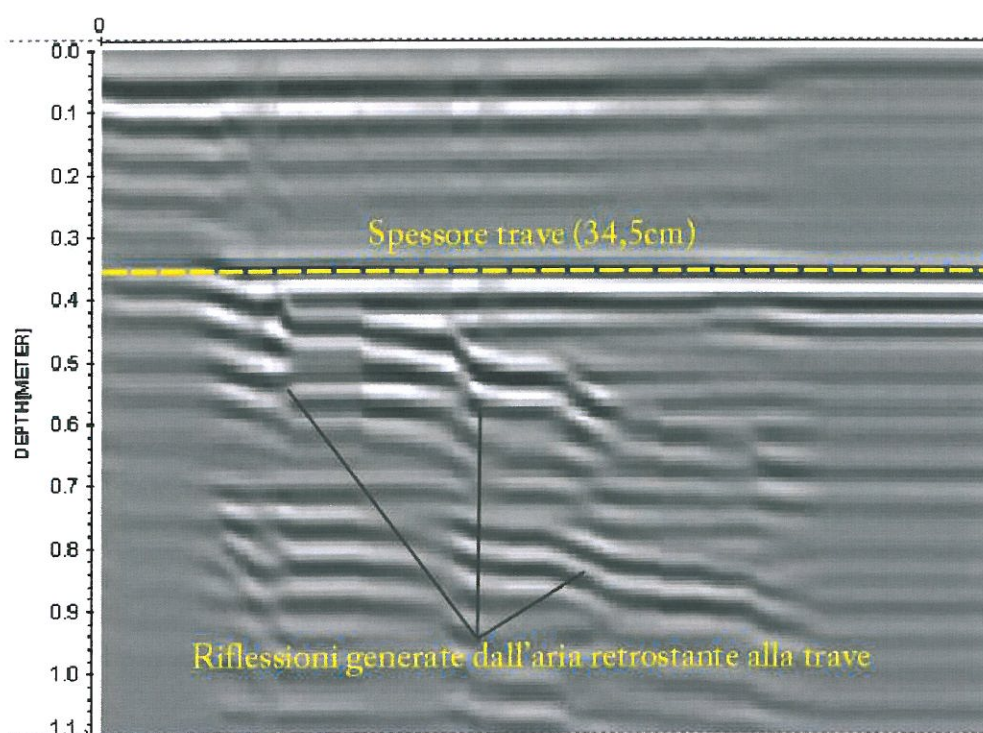
Questa è una caratteristica sviluppata da MALA indipendentemente dal metodo di campionamento. In particolare il ricevitore dei sistemi MALA è stato migliorato per poter ricevere un range di freq. più ampio. A confronto con le tecnologie più vecchie, l'antenna HDR raccoglie sia freq. più alte (miglior definizione) che più basse (maggior penetrazione). L'ampiezza della banda, grazie al miglioramento del ricevitore, raccoglie fino al 20% di freq. in più rispetto alle precedenti tecnologie. Chiaramente anche questo beneficia di un rapporto segnale / rumore migliore.

Un profilo (sezione GPR) si ottiene ripetendo il ciclo di trasmissione e ricezione innumerevoli volte, spostando progressivamente l'antenna lungo una direzione prefissata; il programma di elaborazione provvede ad accostare opportunamente le tracce dei segnali ricevuti. Il risultato è quello riportato nelle sezioni GPR.

Per effettuare le sezioni GPR è stata utilizzata la modalità in dominio di spazio: il trasmettitore emette impulsi in dipendenza dallo spazio percorso dall'operatore; questo è possibile grazie all'utilizzo di un encoder direttamente collegato all'antenna.

Procedura di indagine

Come accennato, per l'indagine è stata utilizzata un'antenna settata su frequenza di 750 MHz. Le misure nella prima statua sono state condotte nella sola parte posteriore poiché la parte anteriore risultava estremamente irregolare. E' stata realizzata una scansione verticale per l'intera lunghezza della statua e altre 3 linee ortogonali ad essa (vedi allegato 1). Nella seconda statua invece sono state eseguite due tracce entrambe verticali, una nella parte anteriore e l'altra nella parte posteriore della statua.



RISULTATI

Procedura di indagine

Come accennato, per l'indagine è stata utilizzata un'antenna settata su frequenza di 750 MHz. Non potendo accedere alla pavimentazione del solaio interno (in quanto coperta da una sovrappavimentazione in legno rialzata di circa 1m), tutte le misure sono state effettuate dall'esterno. Si è proceduto eseguendo delle scansioni di taratura sul fianco delle travi in marmo mediante le quali si è potuta assegnare una corretta costante dielettrica al mezzo attraversato. Le successive scansioni sono state quindi eseguite sulla "faccia" di testa della trave in modo da determinare la sua estensione in profondità. Sono state realizzate anche



scansioni sul basamento della colonna del balcone, sulla colonna stessa e su un lato del piano di calpestio per verificare la eventuale presenza di elementi di giunzione tra le parti.

Risultati e conclusioni

Le scansioni condotte hanno permesso di verificare la lunghezza delle travi di sostegno del balcone che risultano essere di circa 1,40 m per le due travi esterne e di circa 1,60 m per quelle più interne.

Non risultano invece essere presenti elementi di giunzione tra la colonna della balaustra, il relativo basamento ed il piano di calpestio.

In allegato 2 è possibile vedere alcune scansioni significative commentate.

Dott. Geol. Enrico Farinatti

ALLEGATI

ALL.1 - UBICAZIONE LINEE RADAR



Balcone lato destro

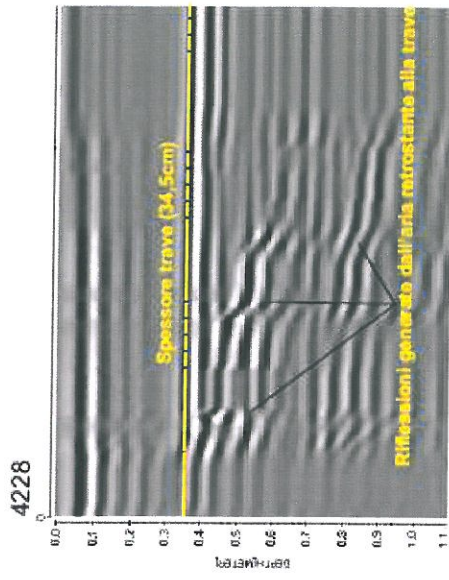


Trave più esterna 34,5cm di spessore

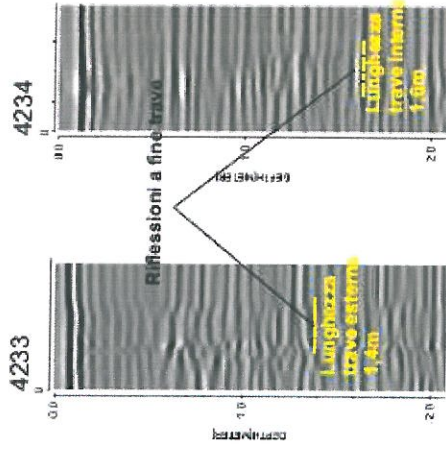


Trave più interna 20cm di spessore

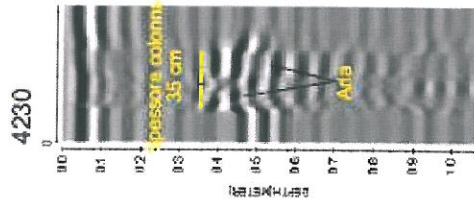
ALLEGATO 2 - SCANSIONI RADAR



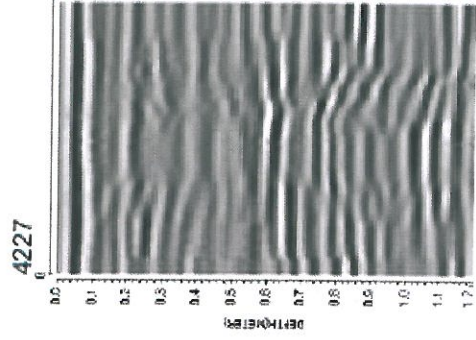
Scansione di taratura eseguita su trave più esterna del balcone



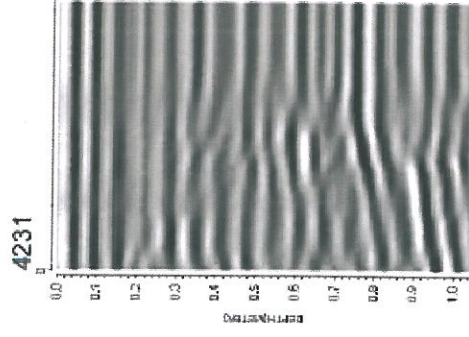
Scansioni eseguite sulla faccia frontale delle travi



Scansione eseguita su colonna della balaustra



Scansione eseguita sul basamento della colonna della balaustra



Scansione eseguita a lato del "planerottolo"