

INDAGINE GEORADAR
XXXXXXXXXXXXX.
STRADA NOVEDRATESE 11
NOVEDRATE (CO)

PROVA 2076/CO

17 Febbraio 2010

Committente: **XXXXXXXXXXXXX**

Consulente: **XXXXXXXXXXXXX**

Relatore: **Dott. Riccardo Collorafi**



Area sottoposta a indagine georadar

Modena, 23 febbraio 2010

INDICE

1	PREMESSA	2
2	INDAGINI CON GEORADAR	2
2.1	DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE.....	2
2.1.1	<i>Metodologia</i>	2
2.1.2	<i>Strumentazione</i>	4
2.2	DESCRIZIONE INDAGINE SU SOLETTA IN C.A.....	5
2.3	ANALISI DEI DATI.....	5
2.3.1	<i>Risultati dell'indagine</i>	6
2.3.2	<i>Conclusioni</i>	10

1 PREMESSA

La società *4 EMME Service S.p.A.* specializzata nell'esecuzione di prove di carico e prove sperimentali su strutture in sito, è stata incaricata dall' **XXXXXXXXXXXX** di eseguire un'indagine georadar su un area posta all'interno del reparto galvanico come indicato in foto di copertina.

L'indagine è stata eseguita il giorno 17 febbraio 2010.

All'esecuzione delle prove hanno assistito:
arch. **XXXXXXXXXXXX**

e per la *4 EMME Service S.p.A.*
dott. Riccardo Collorafi
geom. Cesare Messina

Scopo delle indagini è stato di individuare eventuali irregolarità poste al di sotto della soletta in c.a. come ad esempio cavità createsi nel substrato presente al di sotto della medesima.

La verifica si è resa necessaria in quanto la soletta verrà gravata di una parte del carico indotto da vasche di lavorazione di prossima installazione nell'area.

2 INDAGINI CON GEORADAR

2.1 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

2.1.1 Metodologia

La metodologia GPR, attraverso l'utilizzo di onde elettromagnetiche, consente la definizione delle caratteristiche interne al mezzo indagato. In particolare è possibile identificare interfacce tra livelli dotati di differente resistività e costante dielettrica. Tali parametri sono in seguito correlabili a fattori fisici quali il grado di compattazione, la posizione e le caratteristiche di eventuali manufatti sepolti, la presenza di zone umide o di zone non cementate.

Un impulso elettromagnetico della durata di pochi nanosecondi, inviato nel mezzo tramite un'antenna trasmittente, viene in parte riflesso dalle interfacce tra livelli in contrasto elettromagnetico ed in parte trasmesso nei livelli sottostanti. I segnali riflessi vengono captati in superficie tramite un'antenna ricevente; quest'ultima può essere la stessa utilizzata per la

trasmissione (configurazione monostatica – fig. 1 - A) o separata da questa di una certa distanza (configurazione bistatica – fig. 1 - B).

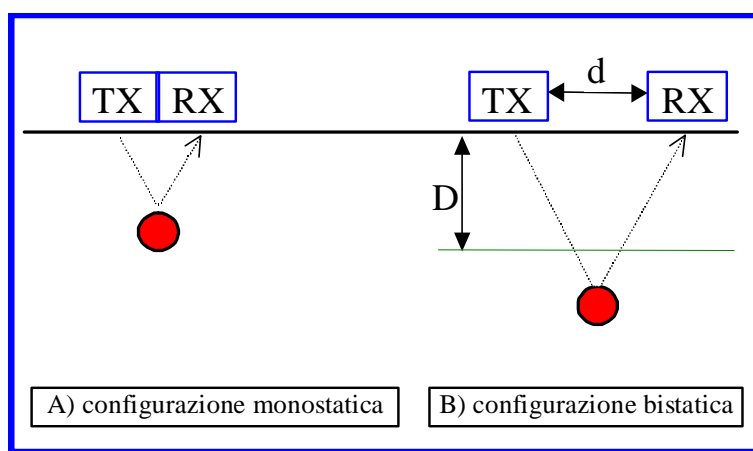


Fig. 1: Configurazione delle antenne

La scelta della configurazione, fondata sugli scopi della ricerca, è basata sulla profondità massima dell'indagine e sul livello di dettaglio richiesto. Questi a loro volta contribuiscono alla scelta della frequenza dell'antenna; ad una bassa frequenza corrisponde infatti un'elevata penetrazione del segnale in profondità ma con uno scarso dettaglio delle anomalie riscontrabili (risoluzione bassa), al contrario ad alte frequenze corrispondono elevati livelli risolutivi con scarsa penetrazione del segnale.

La generazione e la ricezione dei segnali a radiofrequenza è operata da una o più antenne che vengono fatte scorrere sul materiale da indagare.

I dati raccolti, opportunamente elaborati, sono memorizzati e rappresentati su un'unità di controllo che genera anche gli impulsi necessari al funzionamento delle antenne. Eventuali oggetti presenti al di sotto delle superfici rilevate generano nelle immagini radar ("o radargrammi") con caratteristiche forme iperboliche, come illustrato in Fig. 2.

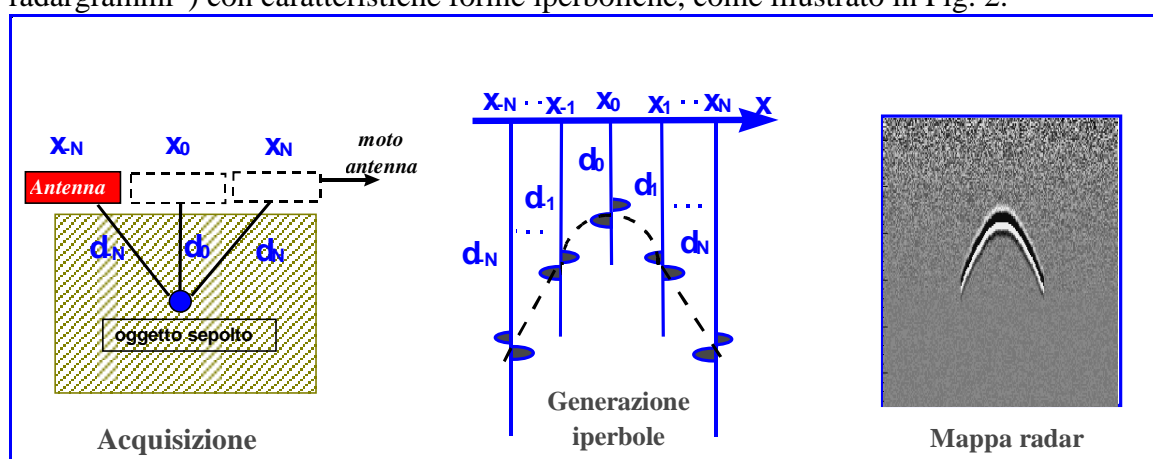


Fig. 2: Generazione di una mappa radar

I profili, generalmente acquisiti lungo reticoli con direzioni ortogonali a distanze variabili, consentono la ricostruzione dell'andamento dei livelli dotati di differenti caratteristiche elettromagnetiche tramite sezioni verticali radar-stratigrafiche.

La riflessione dell'onda radar emessa avviene a causa delle differenti caratteristiche "elettriche" dei materiali attraversati. Tutti i mezzi reali assorbono le onde elettromagnetiche in misura dipendente dalle loro caratteristiche elettriche.

In generale un mezzo omogeneo è definito, da un punto di vista elettrico, dalla seguente coppia di valori:

- costante dielettrica relativa (ϵ_r)
- conduttività (σ)

Da questi valori è possibile risalire al comportamento del mezzo nei confronti della propagazione delle onde elettromagnetiche.

Un trasmettitore (TX) genera un segnale di tipo impulsivo con una determinata frequenza di ripetizione. La successione di questi impulsi genera un segnale di durata dell'ordine dei nanosecondi che viene irradiato nel mezzo da un'antenna a banda larga.

La forma dell'impulso trasmesso è opportunamente calibrata in modo da ottenere una distribuzione spettrale di tipo gaussiano dove il valore centrale rappresenta la **frequenza caratteristica**, (o **frequenza centrale**) dell'antenna, che corrisponde alla frequenza dominante dell'impulso. La frequenza centrale dell'antenna determina le caratteristiche di risoluzione e di massima profondità di esplorazione.

Il segnale elettromagnetico ricavato è caratterizzato da una serie di picchi. La loro ampiezza dipende principalmente da tre fattori:

- natura del riflettore;
- natura del mezzo tra riflettore ed antenna;
- curva di amplificazione applicata.

2.1.2 Strumentazione

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sistema radar RISK20 della "IDS - Ingegneria dei Sistemi S.p.A.", costituito da :

- computer laptop Panasonic Toughbook CF 18;
- unità di controllo antenne DAD K1 a 1 canale, montata su zaino;
- antenna di frequenza adeguata all'indagine;
- ruota metrica montata sull'antenna;
- cavo multipolare;
- batteria montata su zaino.

Il laptop consente tutte le operazioni di calibrazione del sistema e l'impostazione dei parametri di acquisizione quali tempo di registrazione, guadagno e tipi di filtro da applicare ai segnali elettromagnetici; nonché la visualizzazione del profilo in tempo reale consentendo una rapida valutazione, già durante le operazioni di campagna, della qualità dei segnali registrati.

L'unità di controllo genera il segnale che viene inviato alla sezione trasmittente e elabora il segnale ricevuto dalla sezione ricevente dell'antenna.

All'unità centrale è collegata, tramite un cavo multipolare, l'antenna che ha il compito di trasmettere i segnali elettromagnetici all'interno della struttura da indagare e di ricevere le

riflessioni dovute alle interfacce elettromagnetiche presenti alle diverse profondità di indagine. La frequenza di trasmissione viene determinata dalle caratteristiche costruttive dell'antenna stessa e può variare da 14 MHz a oltre 2,5 GHz. La scelta della frequenza è basata sugli scopi di utilizzo dell'apparecchiatura, ad una bassa frequenza corrisponde infatti una elevata penetrazione del segnale in profondità ma con uno scarso dettaglio delle anomalie riscontrabili (risoluzione bassa). Al contrario ad alte frequenze corrispondono elevati livelli risolutivi con scarsa penetrazione del segnale.

2.2 DESCRIZIONE INDAGINE SU SOLETTA IN C.A.

L'obiettivo dell'indagine era l'individuazione di eventuali anomalie presenti nel sottosuolo immediatamente al di sotto della soletta stessa.

La ricerca è stata condotta su un'area di $\cong 11,40$ m x 2 m. Si sono eseguite 4 + 12 scansioni tra loro ortogonali con passo rispettivamente di 0,60 e 1 m circa come visibile in figura 3. Le frecce indicano il senso di scorrimento dell'antenna a partire dal punto origine identificato dalle coordinate 0,0. Esso è posto in corrispondenza dell'intersezione della linea immaginaria parallela al bancale blu visibile in foto e il muro perpendicolare. È stata utilizzata un'antenna da 600 MHz in quanto ritenuta adeguata al dettaglio e alla profondità richiesta dall'indagine. La velocità impostata è stata di 10 cm/ns. La profondità di indagine con questa antenna e con la velocità impostata è di $\cong 1,20$ m con risoluzione verticale di $\cong 0,2$ m .

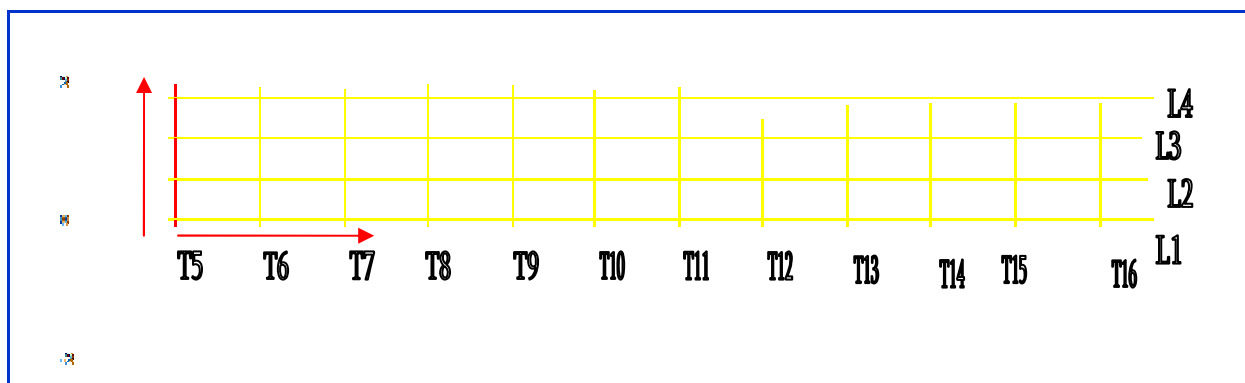


Fig. 3: Schema griglia passaggi antenna

2.3 ANALISI DEI DATI

Durante la fase di acquisizione in campagna, vengono applicati dei filtri che consentono una corretta visualizzazione del segnale allo scopo di valutarne immediatamente la bontà. I segnali vengono però salvati privi di qualsiasi filtraggio, per preservare quanto più possibile dettagli spesso non visibili in prima analisi. I parametri ottimali di analisi e visualizzazione vengono definiti nella fase di rielaborazione del segnale.

La fase preliminare di elaborazione ha richiesto di determinare le componenti in frequenza proprie del segnale e quelle dovute al rumore, al fine di eliminare dai dati le informazioni non utili. Al segnale è stato inoltre applicato un guadagno per aumentare l'intensità alle profondità di interesse.

L'interpretazione dei segnali ha dovuto tener conto delle riflessioni generate da disturbi generati da piccoli sobbalzi che l'antenna poteva subire in fase di scorrimento

Inoltre è stato possibile ricostruire una tomografia bidimensionale a differenti profondità per meglio visualizzare la presenza delle eventuali anomalie riscontrate.



Foto 1 Antenna da 600 MHz

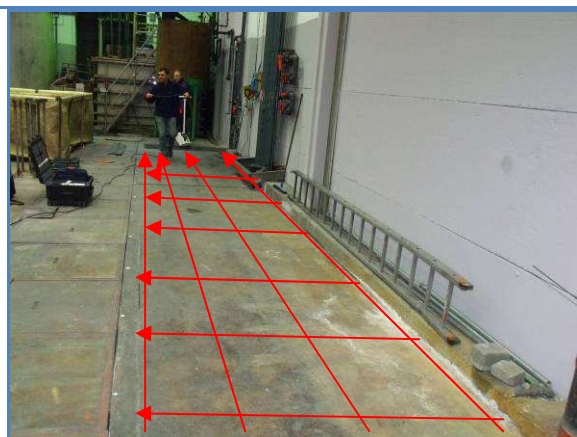


Foto 2 Zona di indagine

2.3.1 Risultati dell'indagine

Si riportano alcuni radargrammi tra i più significativi tra quelli acquisiti in cantiere.

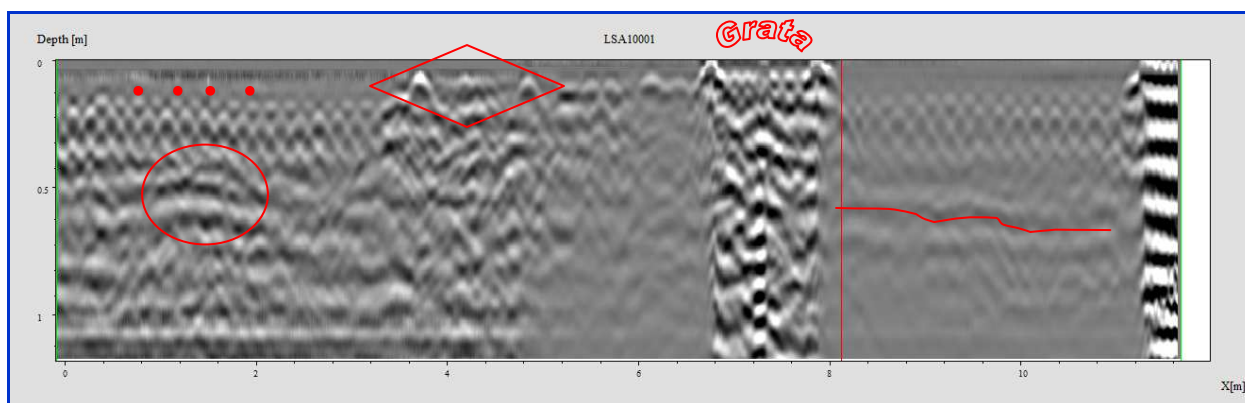


Fig. 4: Radargramma L1

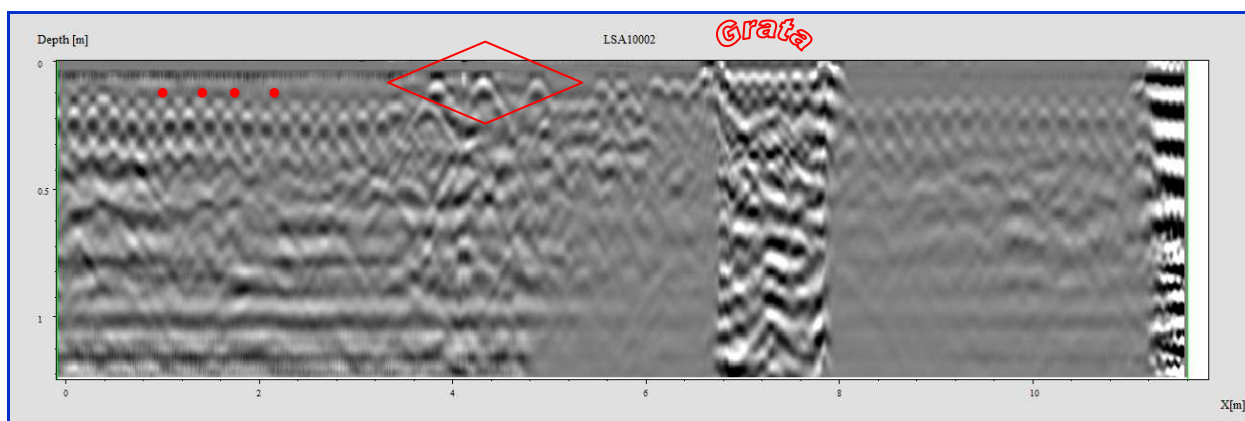


Fig. 5: Radargramma L2

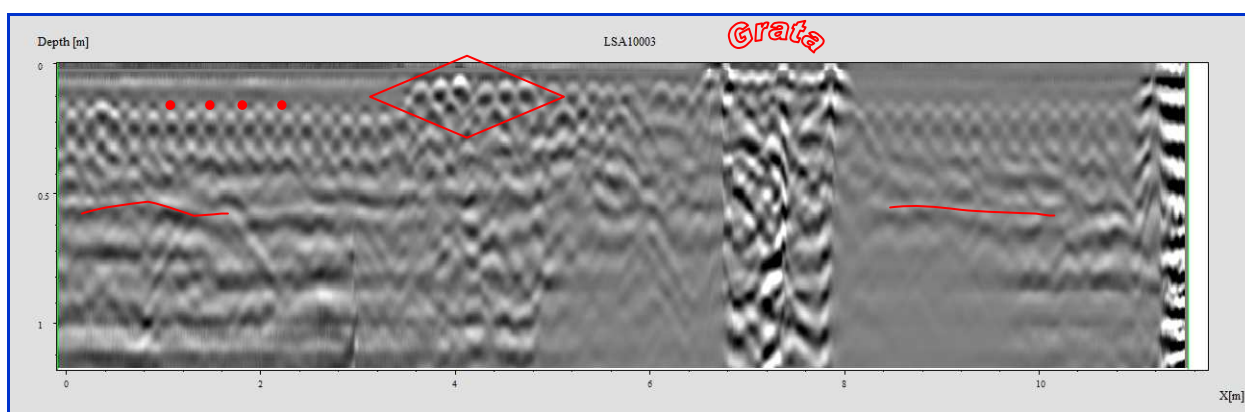


Fig. 6: Radargramma L3

I radargrammi evidenziano la presenza nella soletta di armature superficiali (rete) contrassegnati dai tondini in rosso. Nella zona compresa all'interno del rombo in rosso si evidenziano delle armature più superficiali. Nel radargramma L2 si possono distinguere tre elementi presumibilmente metallici con asse maggiore perpendicolare al senso di scorrimento dell'antenna.

Nel radargramma L1 la zona evidenziata dal cerchio rosso potrebbe rappresentare un'anomalia al di sotto della soletta.

Le linee in rosso rappresentano delle stratificazioni sub orizzontali poste al disotto della soletta.

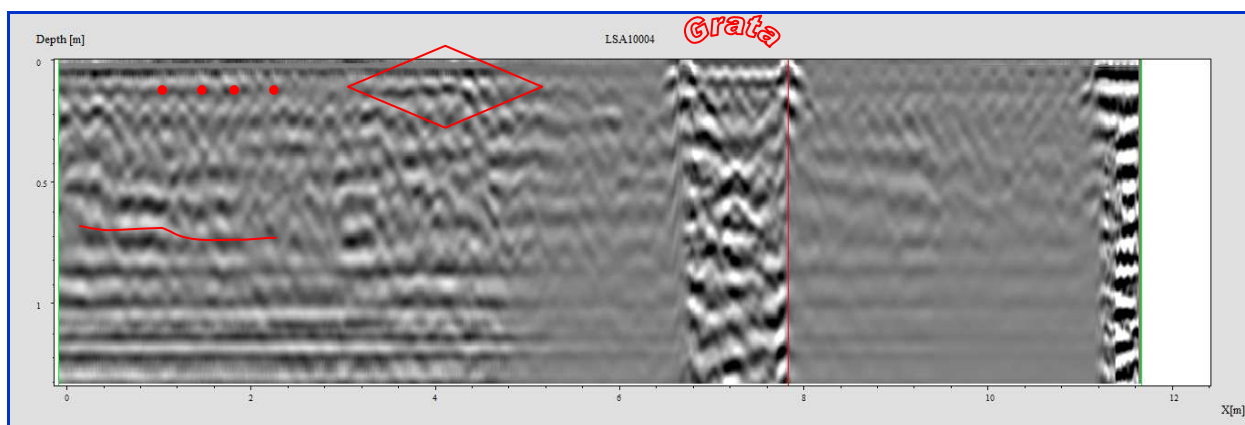


Fig. 7: Radargramma L4

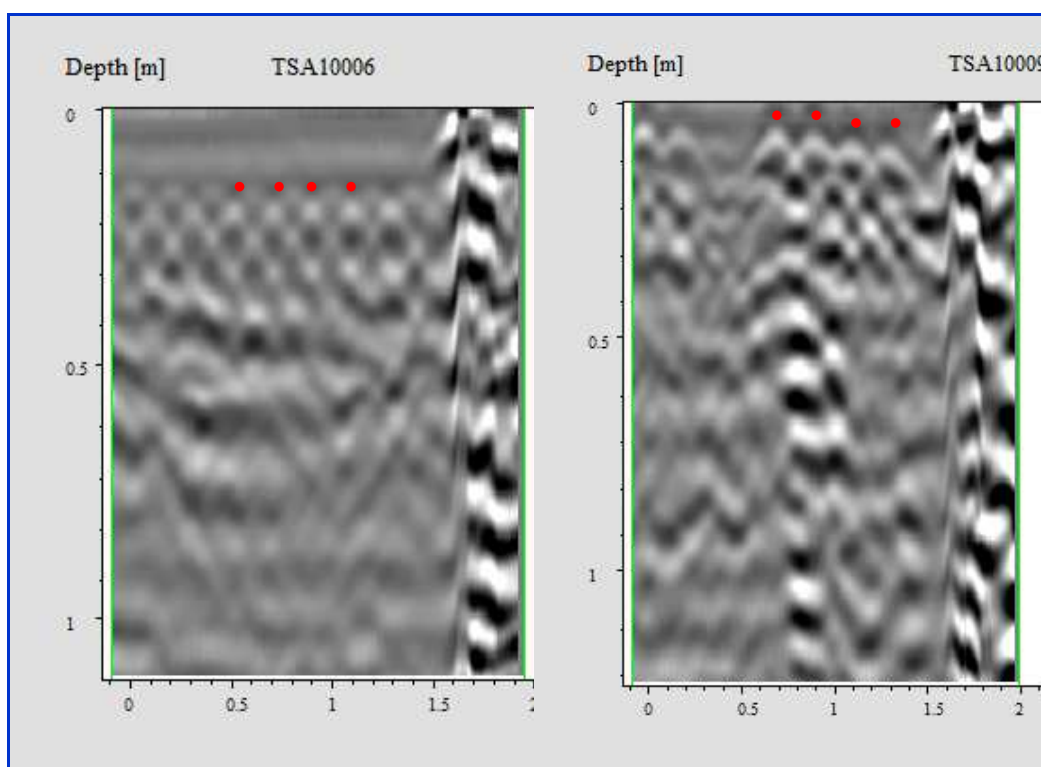


Fig. 8: Radargramma T6 e T9

Nei radargrammi con direzione T si evidenziano armature a profondità differenti. In figura 8 e 9 sono riportate coppie di radargrammi con differenti profondità delle armature. Nella zona sottostante la soletta non si evidenzia nessuna irregolarità.

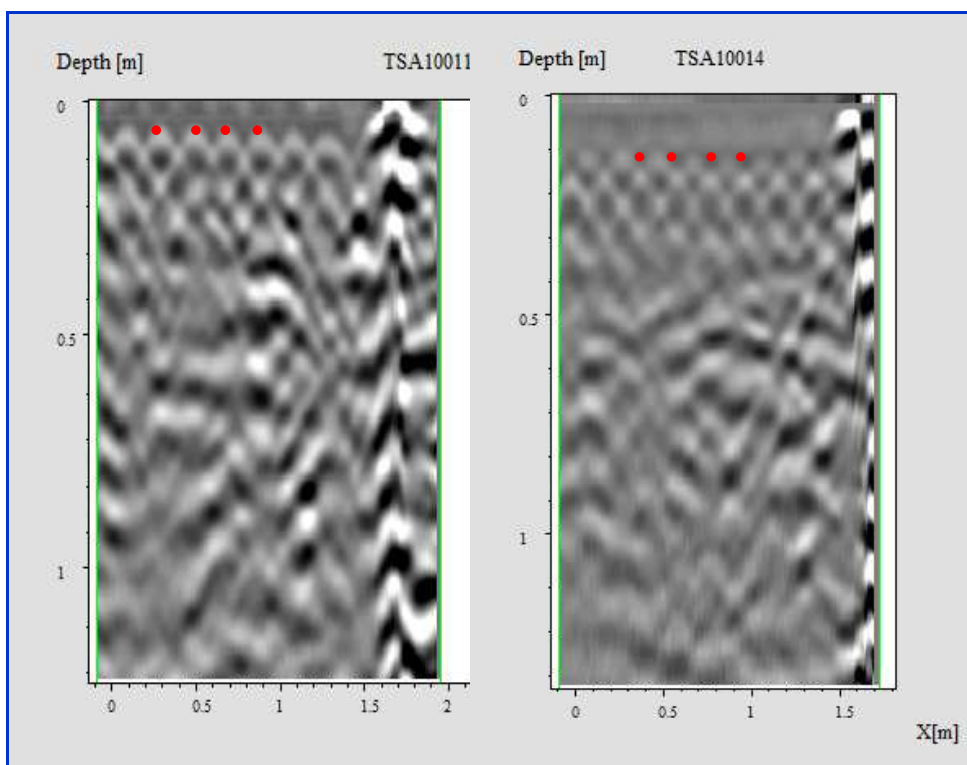


Fig. 9: Radargrammi T11 e T14

Per visualizzare bidimensionalmente quanto rilevato dall'indagine radar si riportano alcune tomografie costruite a profondità differenti.

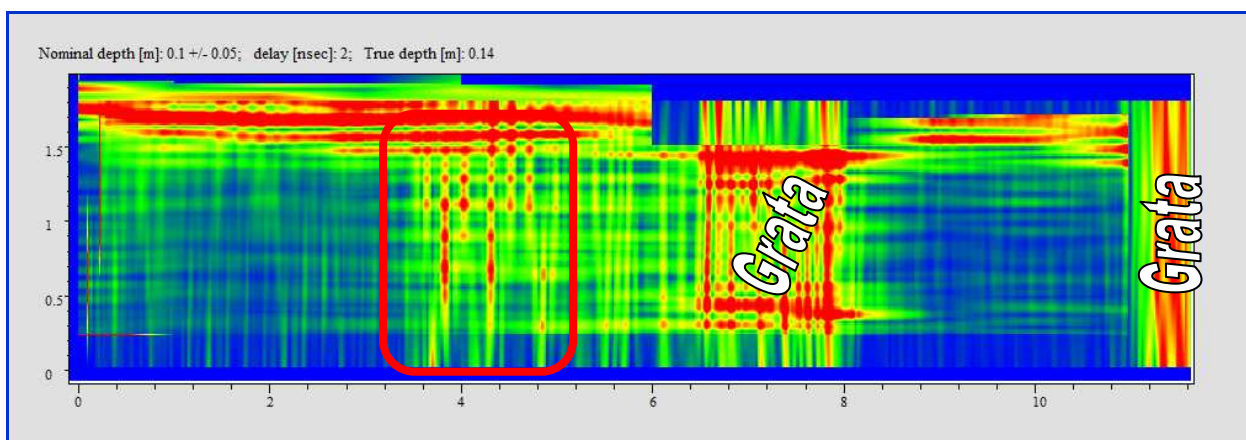


Fig. 10: Tomografia a 0,10 m di profondità

Nelle tomografie si evidenziano delle armature che sono però collocate a profondità diverse. In fig. 10 si osservano armature molto superficiali. In fig. 11 si osservano le armature a 15 cm di profondità. In fig. 12 si evidenziano armature maggiormente profonde nella zona circoscritta all'interno del rettangolo.

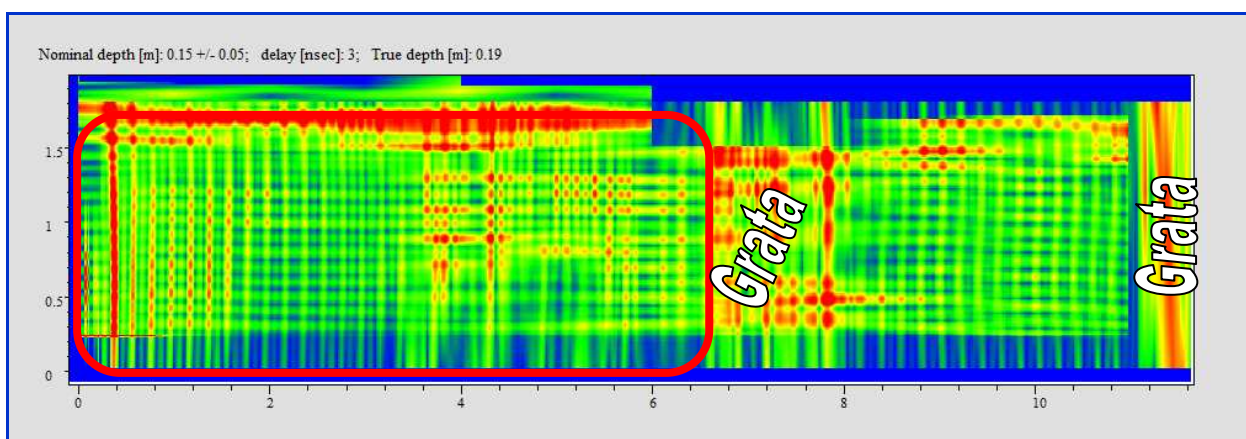


Fig. 11: Tomografia a 0,15 m di profondità

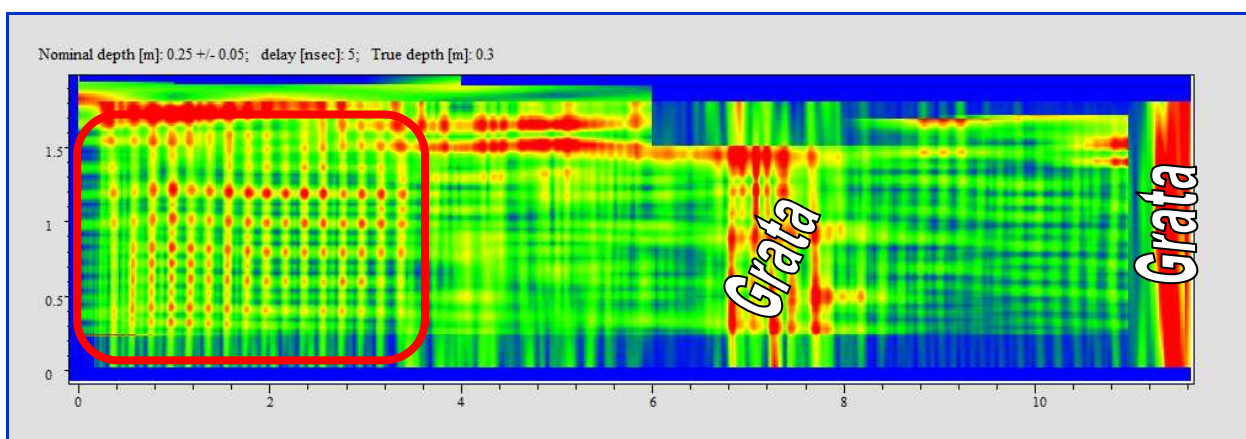


Fig. 12: Tomografia a 0,25 m di profondità

In figura 13 si riporta una tomografia a 40 cm di profondità ove non si notano anomalie particolari.

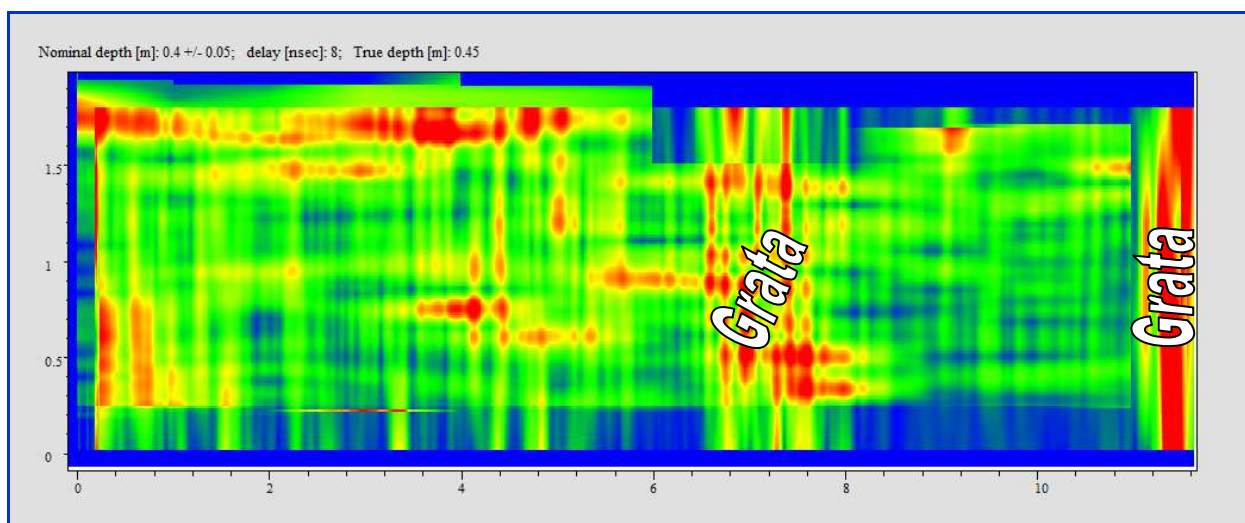


Fig. 13: Tomografia a 0,40 m di profondità

2.3.2 Conclusioni

Dalle immagini radar e dalle successive elaborazioni risulta che la soletta è armata, sia pure con armature poste a profondità leggermente differenti a seconda delle zone considerate. Inoltre lo spessore apparente della stessa è di circa 40 – 45 cm . Al di sotto della soletta non si evidenziano irregolarità eccettuata un'anomalia visibile nel radargramma L1 che potrebbe ipoteticamente rappresentare una piccola cavità.

Modena, 23 febbraio 2010

Il relatore:

Dott. Riccardo Collorafi


4 EMME Service Spa

Il direttore del Centro di Como

Geom. Cesare Messina

