

**INDAGINI GEORADAR SU TESTE DELLE TRAVI
PONTE XXXXXXXX
A RIVOLI XXXXXXXXXXXXXXXX**

PROVA N. 3623/VR

27 novembre 2009

Committente: XXXXXXXXXXXXX.

D.L.: dott. ing. XXXXXXXX

Relatore: dott. ing. Andrea Palermo



Panoramica del cantiere del ponte XXXXXXXX



INDICE

1	PREMESSA	2
1.1	DESCRIZIONE DEL MANUFATTO	3
2	INDAGINI GEORADAR SU TESTE DELLE TRAVI - N°3623/VR	4
2.1	MODALITÀ DI ESECUZIONE	8
2.2	ANALISI DEI SEGNALI	10
2.3	RISULTATI DELLE INDAGINI	11

1 PREMESSA

La Società *4 EMME Service S.p.A.* specializzata nell'esecuzione di prove sperimentali su strutture in sito, è stata incaricata dalla **XXXXXXXXXXXXXXXXXX**. di eseguire indagini georadar sulle teste delle travi appartenenti agli impalcati di un ponte **XXXXXXXXXXXXXXXXXX** in località Zuane nel comune di Rivoli V.se in provincia di Verona.

La finalità delle indagini è quella di individuare l'andamento delle armature di precompressione nelle teste delle travi per consentire l'esecuzione di carotaggi "passanti" senza tagliare le armature stesse.

Le modalità e le zone da sottoporre ad indagine sono state preventivamente concordate con il D.L. **dott. ing. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX**

Le indagini sono state eseguite il giorno **27 novembre 2009**:

Alle indagini hanno assistito:

geom. **XXXXXXXXXXXXXXXXXX** Assistente D.L.

e per la *4 EMME Service S.p.A.*:

dott. geol. Riccardo Collorafi
dott. ing. Andrea Palermo



1.1 DESCRIZIONE DEL MANUFATTO

Il ponte oggetto di indagini è composto di due impalcati uguali di 4 campate ciascuno con spalle e pile in c.a. Ogni campata è costituita da 4 travi in c.a.p. (per un totale di 32 travi) con rompitratta in mezzeria, ai quarti luce e in corrispondenza degli appoggi.

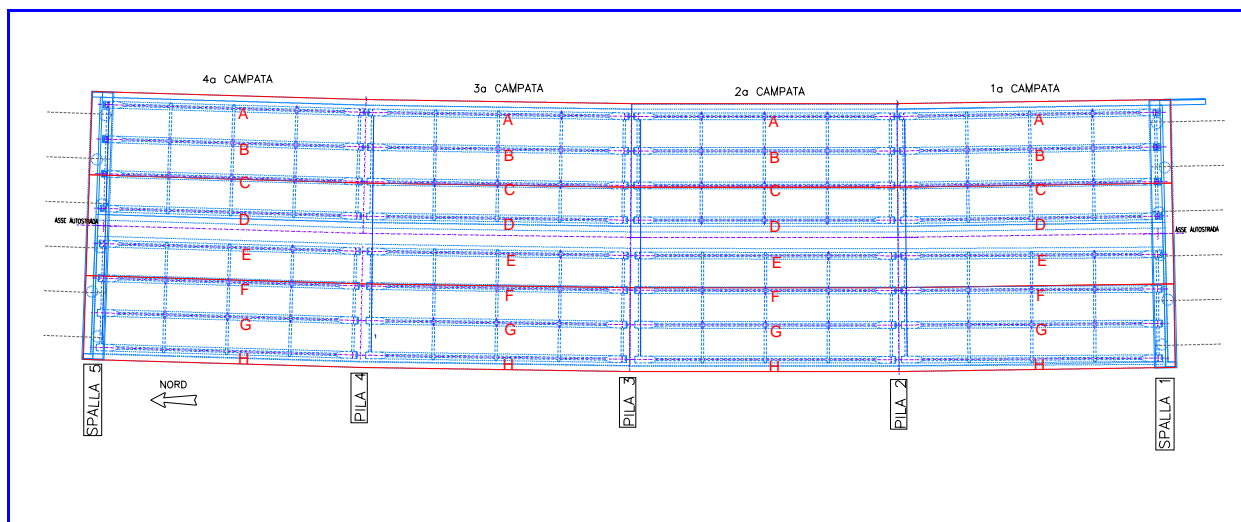


Fig. 1: Schema planimetrico del ponte dell'autostrada con ubicazione delle indagini



Foto 1: Vista dell'intradosso dell'impalcato dalla spalla sud



Foto 2: Testa di una delle travi indagate in corrispondenza della spalla sud



2 INDAGINI GEORADAR SU TESTE DELLE TRAVI - N°3623/VR

Metodologia d'indagine

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) o separata da questa di una certa distanza (configurazione bistatica – fig. 1).

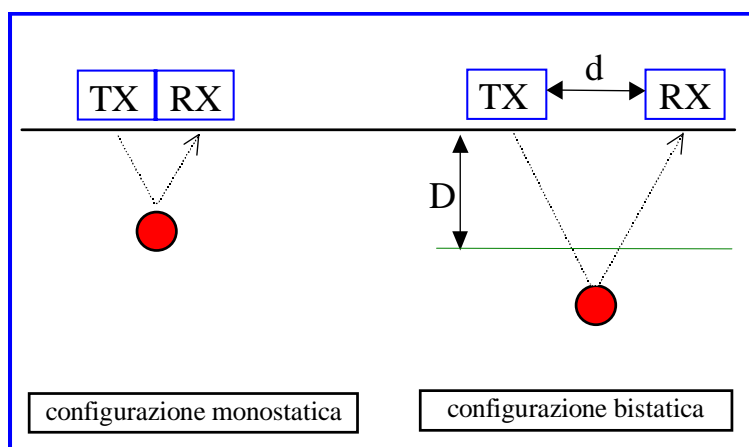


Fig. 2: Configurazione delle antenne

La scelta della configurazione, fondata sugli scopi della ricerca, è basata sulla profondità massima di indagine e sul livello di dettaglio richiesto. Questi a loro volta contribuiscono alla scelta della frequenza dell'antenna; 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.

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 una 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. 3.

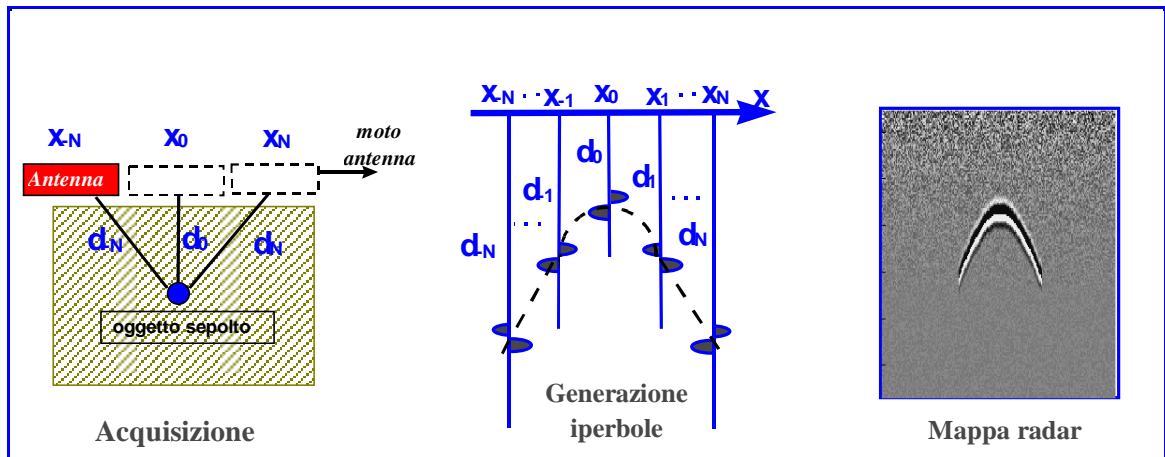


Fig. 3: Generazione di una mappa radar

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.

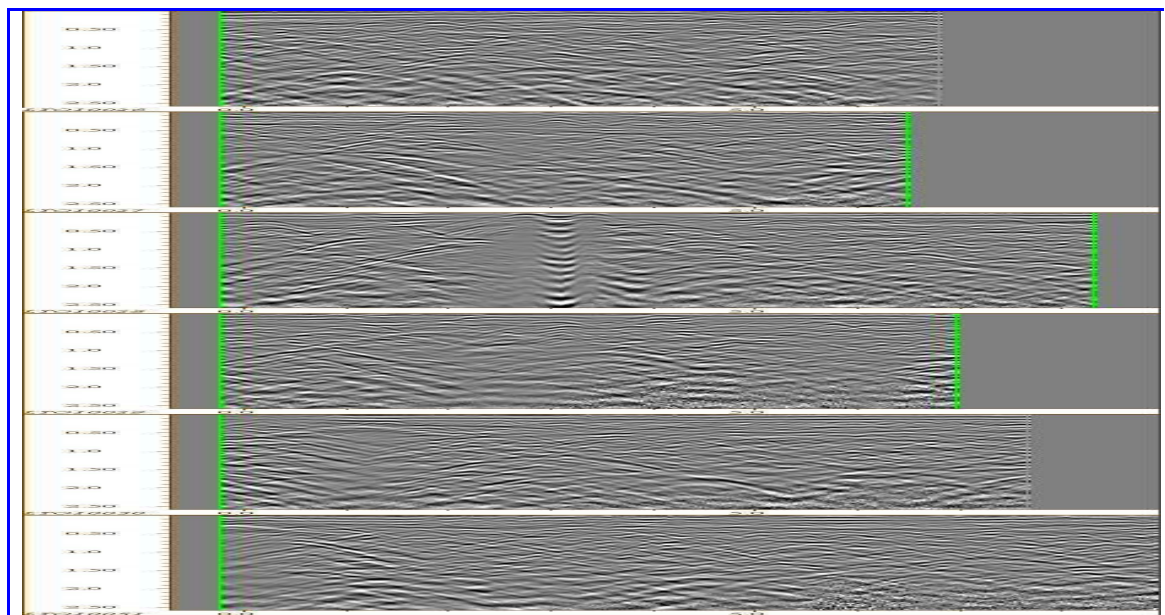


Fig. 4: Esempio di profili radar affiancati

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 larga banda.

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.

Strumentazione

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sistema radar RISK20 della "IDS - Ingegneria dei Sistemi S.p.A.", costituito da (fig. 4):

- computer laptop Panasonic Toughbook CF 18;
- unità di controllo antenne DAD K1 a 1 canale, montata su zaino;
- antenna di frequenza adeguata all'indagine, in questo caso 1600 MHz;
- 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.

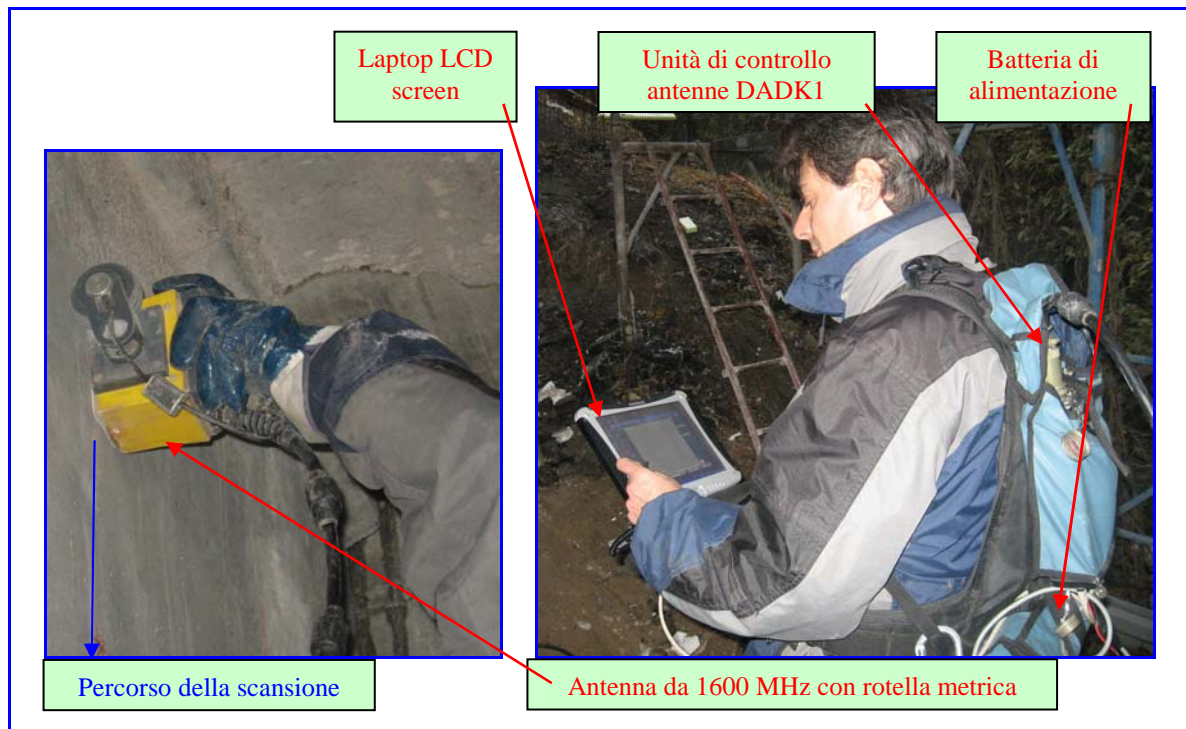


Fig. 5: Configurazione del "Sistema georadar RISK20"

Pre processing

Durante la fase di acquisizione in cantiere, 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 a volte non visibili in prima analisi. I parametri ottimali di analisi e visualizzazione vengono definiti nella fase di rielaborazione del segnale.



Foto 3: Attrezzatura GPR

2.1 MODALITÀ DI ESECUZIONE

L'obiettivo dell'indagine era l'individuazione dei cavi di precompressione in 20 teste delle travi dell'impalcato al fine di poter eseguire l'installazione di piastre di ancoraggio di nuovi cavi di precompressione esterni.

Le teste delle travi sono state analizzate con un'antenna da 1600 MHz eseguendo delle scansioni in direzione verticale in almeno tre zone di una delle facce della testa indagata di volta in volta.

La velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche nel mezzo è stata valutata mediamente in **0,12 m/ns**.

La distanza orizzontale viene misurata dalla rotella metrica collegata all'antenna. La precisione è centimetrica ma sobbalzi, scalini o altri ostacoli possono rendere le misure meno precise.

Di seguito si riporta lo schema planimetrico del ponte con l'ubicazione delle teste indagate:

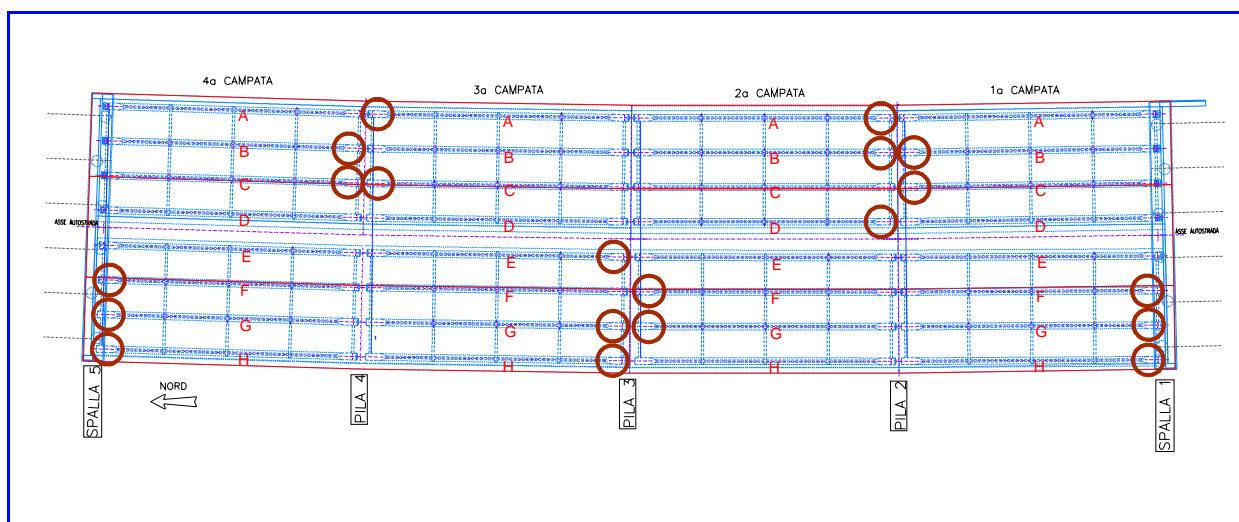


Fig. 6: Schema planimetrico del ponte dell'autostrada con ubicazione delle indagini

In queste indagini, come da accordi presi con il D.L. **dott. ing. XXXXXXXXXXXXX**, si sono individuati in campo i punti di passaggio dei cavi di compressione, segnandoli direttamente sui lati delle teste delle travi.

Di seguito sono indicate le tre scansioni tipo effettuate sulle teste delle travi oggetto di prova con una antenna da 1600 MHz impostata per indagare fino ad una profondità di circa 100 cm.

Ove le tre scansioni tipo non permettevano una individuazione certa dei cavi di precompressione si è provveduto a realizzarne altre in zone intermedie così da avere almeno tre punti di passaggio per ogni cavo.



Foto 4: Antenna da 1600 MHz

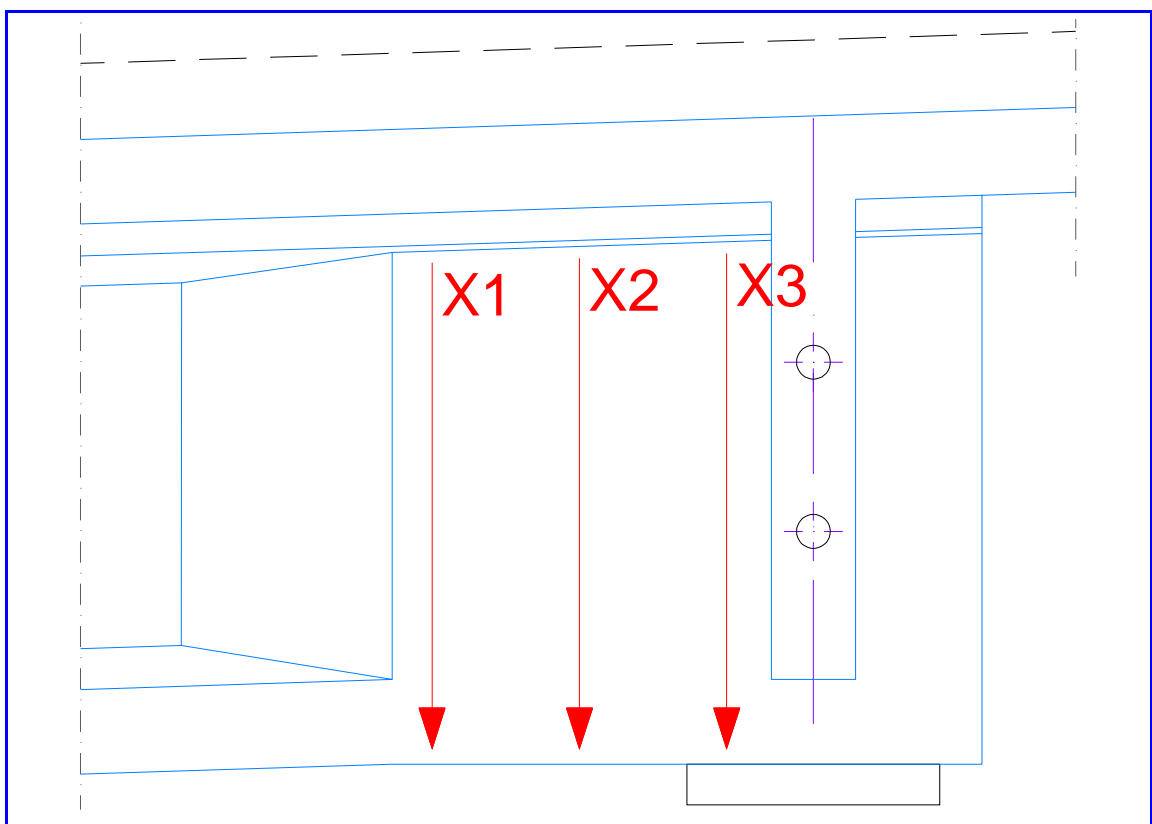


Fig. 7: Scansioni tipo effettuate con l'antenna da 1600 MHz per ogni testa delle travi

2.2 ANALISI DEI SEGNALI

Seguono alcuni radargrammi esemplificativi ottenuti con l'antenna da 1600 MHz:

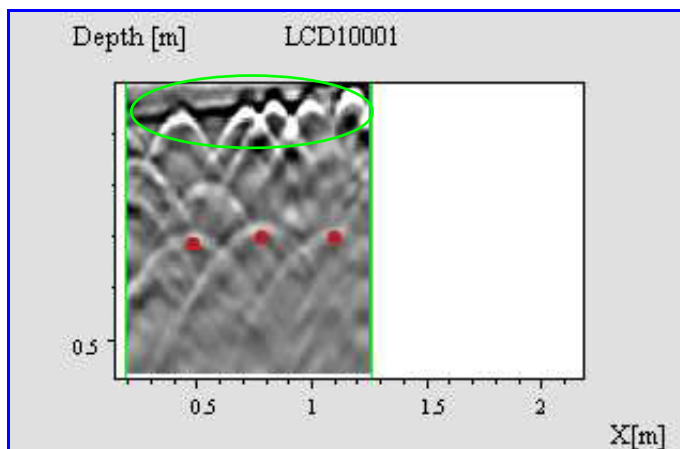


Fig. 8: Radargramma X1 su testa nord, trave G, campata 2

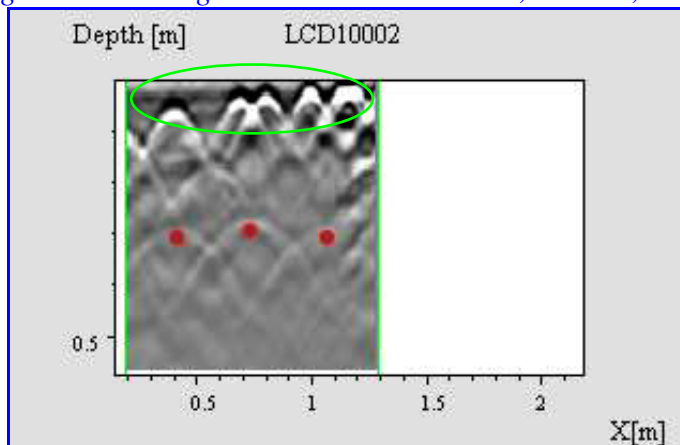


Fig. 9: Radargramma X2 su testa nord, trave G, campata 2

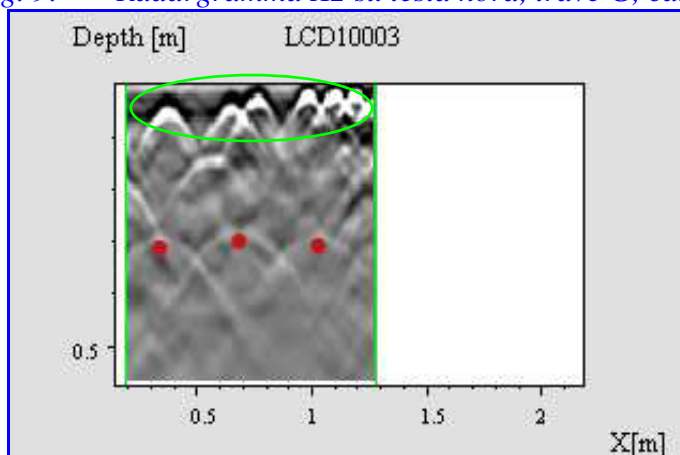


Fig. 10: Radargramma X3 su testa nord, trave G, campata 2

Sono stati cerchiati in verde i target superficiali che rappresentano le staffe longitudinali della testa mentre con i punti rossi si sono evidenziati i target che rappresentano i cavi di precompressione che si trovano, come prevedibile, ad una profondità di circa 30 cm dalla superficie del lato percorso dall'antenna.

2.3 RISULTATI DELLE INDAGINI

Le indagini hanno consentito di individuare i punti di passaggio dei cavi di precompressione. Presentiamo quindi uno schema tipo delle rilevazioni effettuate sulla testa delle travi; si ricorda che l'esatta ubicazione dei trefoli è stata identificata per ciascuna testa indagata marcando, direttamente sul lato della trave, almeno tre punti di passaggio degli stessi.

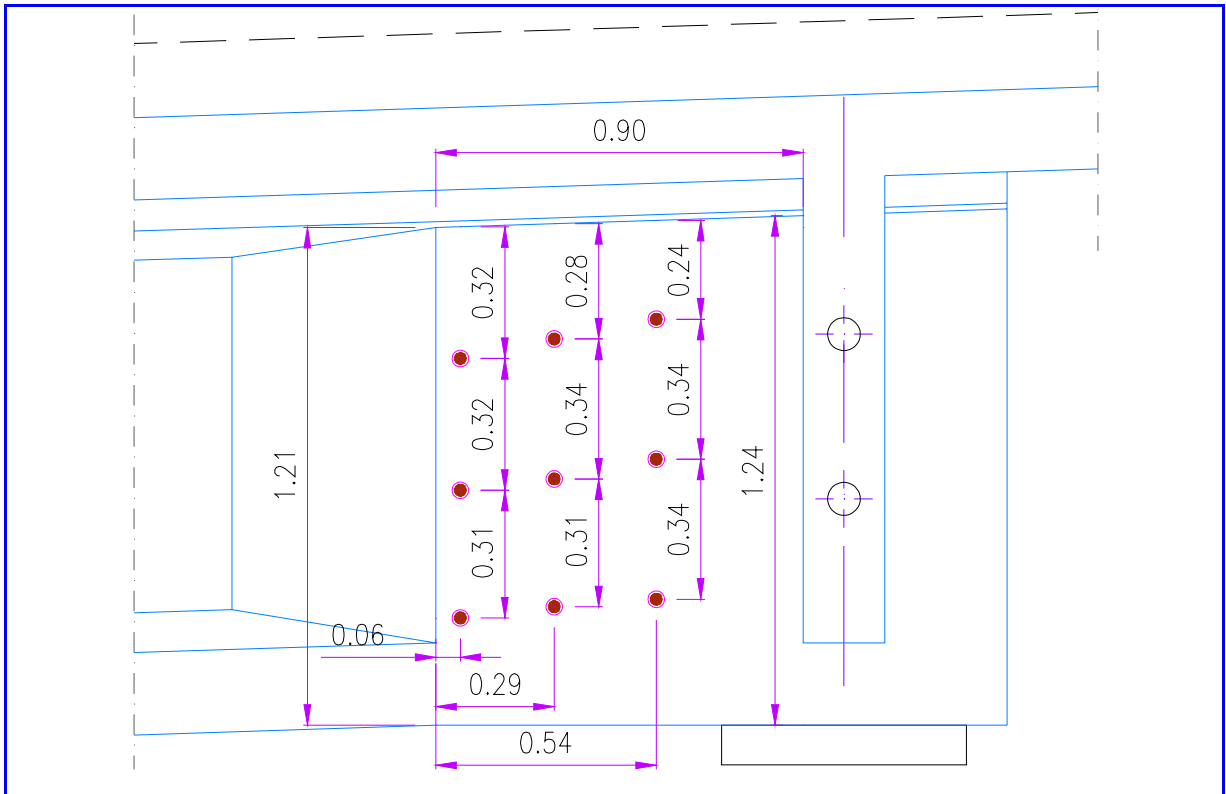


Fig. 11: Schema tipo delle rilevazioni effettuate sulla testa (Testa sud, trave H, campata 1)

Seguono le fotografie di ognuna delle singole teste indagate con i punti di passaggio dei cavi di precompressione; i segni rossi indicano punti di passaggio dei cavi di precompressione, i segni blu indicano punti in cui i disturbi creati dalle armature superficiali sono stati tali da rendere difficoltosa l'individuazione del cavo.



Foto 5: Testa sud, trave F, campata 1 (1608)



Foto 6: Testa sud, trave G, campata 1 (1607)



Foto 7: Testa sud, trave H, campata 1 (1606)



Foto 8: Testa nord, trave B, campata 1 (1604)



Foto 9: Testa nord, trave C, campata 1 (1605)



Foto 10: Testa sud, trave A, campata 2 (1601)



Foto 11: Testa sud, trave B, campata 2 (1602)



Foto 12: Testa sud, trave D, campata 2 (1603)



Foto 13: Testa nord, trave F, campata 2 (1599)



Foto 14: Testa nord, trave G, campata 2 (1600)

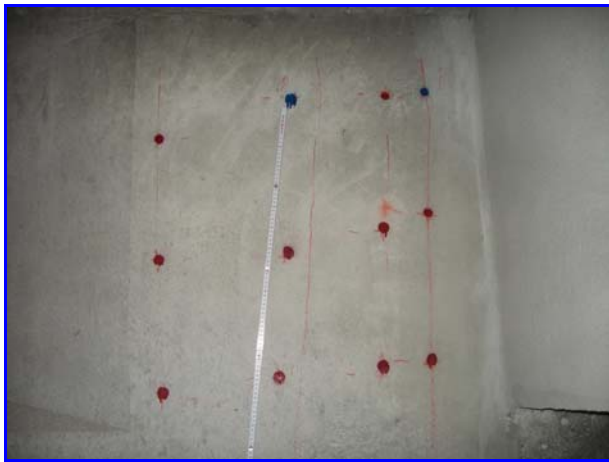


Foto 15: Testa sud, trave E, campata 3 (1598)



Foto 16: Testa sud, trave G, campata 3 (1597)



Foto 17: Testa sud, trave H, campata 3 (1596)



Foto 18: Testa nord, trave A, campata 3 (1594)



Foto 19: Testa nord, trave C, campata 3 (1595)



Foto 20: Testa sud, trave B, campata 4 (1592)



Foto 21: Testa sud, trave C, campata 4 (1593)



Foto 22: Testa nord, trave F, campata 4 (1591)



Foto 23: Testa nord, trave G, campata 4 (1590)

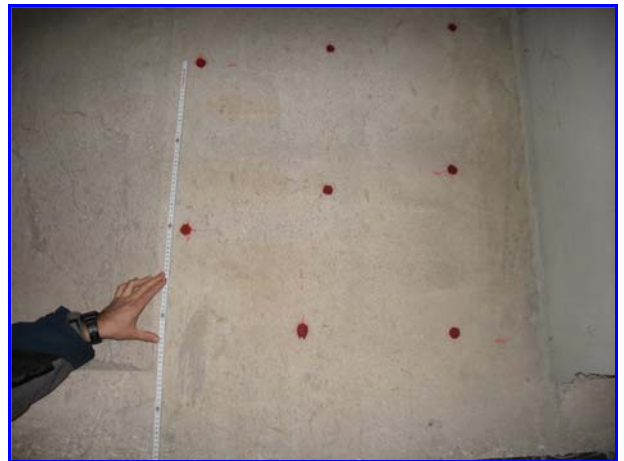


Foto 24: Testa nord, trave H, campata 4 (1589)

Verona, 02 dicembre 2009

Il relatore
dott. ing. Andrea Palermo

4 EMME Service Spa
Il direttore del Centro di Verona
geom. Paolo Bassi