

INDAGINI IN SITU, IN LABORATORIO E DI RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE

Su incarico di R.F.I. Rete Ferroviaria Italiana – D.T.P. Torino, da Novembre 2017 vengono realizzate delle campagne d'indagine per la caratterizzazione geologico-tecnica del sottosuolo e geometrico-meccanica di oltre n. 250 opere d'arte (ponti e viadotti). Le campagne sono finalizzate all'esecuzione delle verifiche di vulnerabilità sismica ai sensi dell'OPCM 3274/2003 e s.m.i.

CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO E VERIFICHE DI VULNERABILITÀ SISMICA

Le prove specificamente rivolte alla caratterizzazione del sottosuolo e alla verifica di vulnerabilità sismica comprendono: **rilevi georadar** (*Ground Penetrating Radar* o GPR) per la ricerca di masse metalliche (in particolare residuati bellici) e l'individuazione di eventuali sottoservizi, **sondaggi verticali a carotaggio continuo**, **prove penetrometriche in foro tipo SPT** e **analisi di laboratorio di campioni indisturbati** per la caratterizzazione del sottosuolo, e **prove geofisiche di tipo down-hole** per determinare la velocità di propagazione delle onde compressionali P e delle onde di taglio S, e per definire le proprietà meccaniche dei materiali e il parametro $V_{s,eq}$ (ai sensi del DM 17/01/2018).

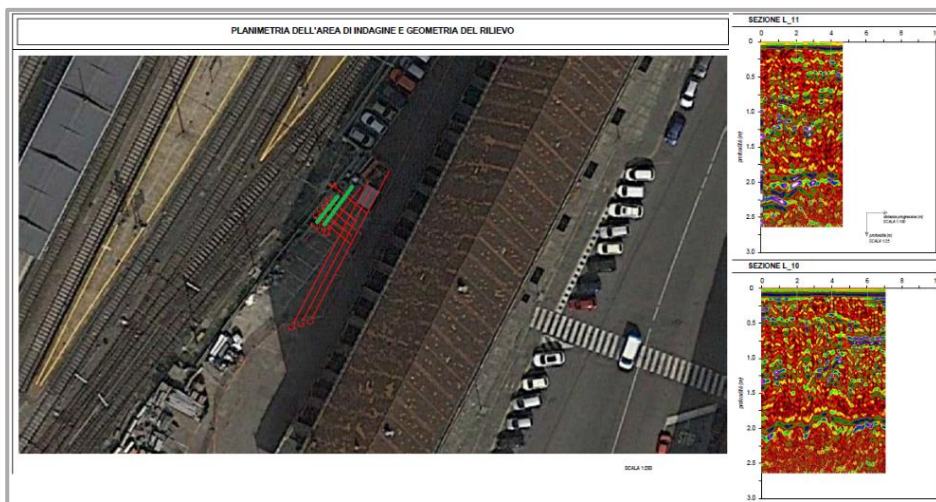


Figura 1 - Esempio di sezioni di rilievo GPR (acquisitore SIR 3000 della GSSI). A destra si vedono due radargrammi riferiti alle sezioni identificate in verde in planimetria.

Georadar – La prospezione georadar è una metodologia di indagine geofisica che si basa sulla propagazione, con velocità e traiettorie dipendenti principalmente dalle proprietà dielettriche del mezzo attraversato, di impulsi elettromagnetici (frequenze 10-2600 MHz). Per ognuna delle sezioni tracciate si produce un radargramma, come raffigurato nell'esempio in Figura 1. Le indagini hanno permesso di identificare eventuali masse metalliche

nel sottosuolo e di verificare la presenza e l'ubicazione di sottoservizi.

Sondaggi – Le perforazioni vengono eseguite mediante rotazione a carotaggio continuo e con recupero di nucleo. Per minimizzare il disturbo dei materiali attraversati e consentire, ove possibile, il prelievo di campioni indisturbati (carote) e di affinare le conoscenze del sottosuolo (Figure 2a e 2b), compatibilmente con la natura dei terreni attraversati la perforazione avviene senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco), e il campionamento mediante carotieri semplici di diametro 131 mm e 101 mm.

Prove SPT - Le prove SPT vengono eseguite nel corso della perforazione, interrompendo l'avanzamento del sondaggio a intervalli regolari. Per mezzo di un'apparecchiatura a percussione del peso standard di 63.5 kg, con sganciamento automatico del maglio (Trip Monkey tipo Pilcon) da un'altezza pari a 760 mm, si infigge nel terreno un campionatore tipo Raymond, collegato alla sonda da una batteria di aste di dimensioni standardizzate. Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità di 45 cm, a partire dalla quota di fondo foro, rilevando il numero di colpi (N) necessari per la penetrazione di ciascun intervallo di 15 cm, o la distanza raggiunta 'a rifiuto' (N≥50). Il valore di N_{SPT} è ottenuto sommando i colpi necessari per il 2° e 3° tratto. Le prove SPT consentono di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati.

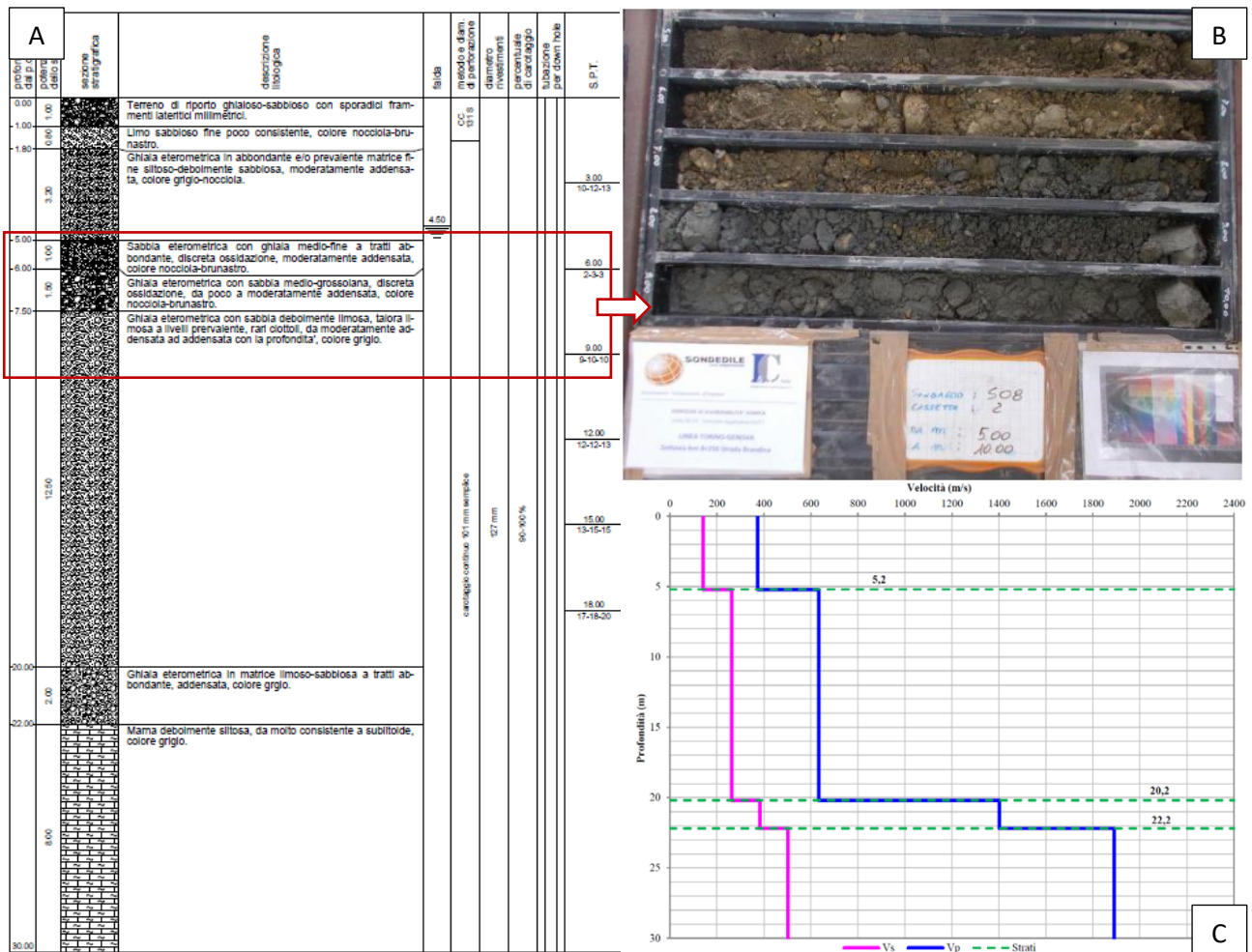


Figura 3 – A: stratigrafia di un sondaggio. Il riquadro rosso identifica la profondità delle carote rappresentate in B. C: risultati della prova down-hole nello stesso foro di sondaggio, con la variazione delle velocità delle onde S e P in funzione della profondità.

Down-hole – I fori di sondaggio vengono attrezzati con tubazione cieca in PVC di diametro 3" per le indagini down-hole. Per queste prove viene impiegato un **geofono triassiale** dotato di unità di controllo e sistema di ancoraggio meccanico alle pareti del foro. Viene eseguita n. 1 prospezione per opera, in risalita (da fondo foro fino al piano campagna) per l'intera verticale di ciascun sondaggio, e con passo di misura pari a 1 m. Determinando i tempi di arrivo diretti dell'impulso delle onde P e S ai ricevitori a ogni profondità, ne sono calcolate le relative velocità lungo le verticali di sondaggio (Figura 2C).

In base alle velocità pseudo-intervallari, mediante media ponderata, si determinano, caso per caso, i valori di $V_{s,eq} = V_{s,30}$ del modello interpretativo e si classifica il suolo secondo normativa.

CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICO-STRUTTURALE DELLE OPERE D'ARTE

Le campagne rivolte alla valutazione geometrica e strutturale delle opere comprendono: **rilievi topografici di dettaglio con laser scanner** (Figura 3) e **microcarotaggi** orientati sulle strutture (p. es. spalle, pile, impalcati e fondazioni), con **esami endoscopici** per tutto lo sviluppo delle perforazioni, ove necessario (Figura 4).

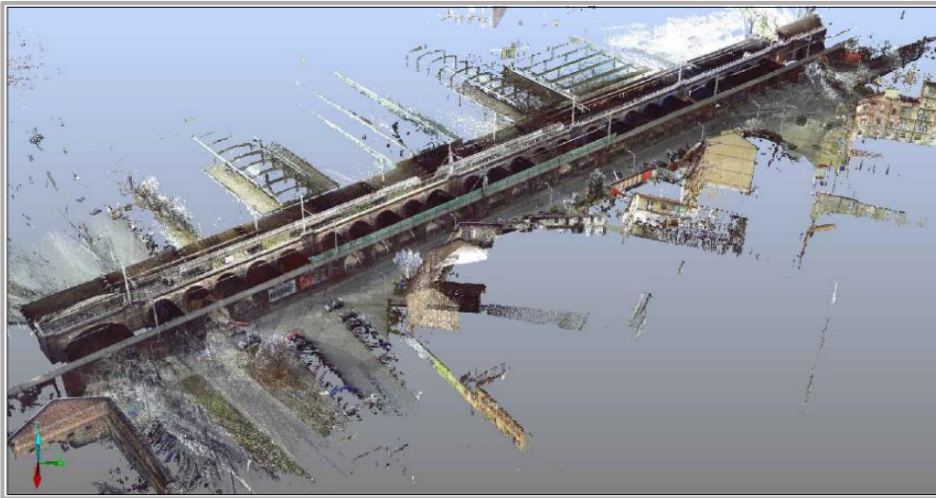


Figura 3 – Point Cloud Laser scanner di un ponte ad arco multicampata.

Per quanto riguarda le strutture in muratura, oltre al rilievo topografico e ai microcarotaggi si eseguono **prove con martinetto piatto** (singolo sulle imposte degli archi, doppio sulle spalle e sulle pile dei ponti) e **prelievi di malta** dalla muratura per la loro caratterizzazione meccanica e chimico-fisica in laboratorio.

Martinetto piatto - I martinetti piatti consistono di due lamine di acciaio saldate tra loro lungo il perimetro (Figura 5). L'olio in pressione immesso al loro interno consente una deformazione omogenea delle due lamine. Il martinetto va inserito in corrispondenza di un taglio ortogonale alla direzione di sollecitazione da misurare.

Mediante cicli di incremento e decremento per gradini della pressione interna del martinetto (raggiungimento della tensione di rottura e ripristino della tensione iniziale) si determina lo stato tensionale e/o di deformabilità e resistenza a compressione in una porzione di una parete in muratura o in calcestruzzo.



Figura 5 – Martinetto piatto.



Figura 4 – Carotaggio di un'opera in muratura e calcestruzzo, e dettagli dell'esame endoscopico.

Sulle strutture in calcestruzzo si eseguono **carotaggi per il prelievo di carote di cls, saggi e prove pacometriche**.

Caratterizzazione delle armature in acciaio - Grazie all'effetto di induzione elettromagnetica dovuta agli impulsi di emessi da una sonda (pacometro - Figura 6) è possibile localizzare le barre di armatura, stimarne il diametro e misurarne la copertura di calcestruzzo (copriferro).

L' estrazione di barre di armatura di acciaio avviene per consentire la determinazione delle caratteristiche meccaniche di resistenza, elasticità e snervamento delle barre stesse mediante prove di trazione in laboratorio. Ogni prova condotta con pacometro è successivamente integrata con un rilievo georadar per determinare le dimensioni delle travi metalliche dell'impalcato, con contestuale misura fisica dello spessore dell'ala (Figura 7).

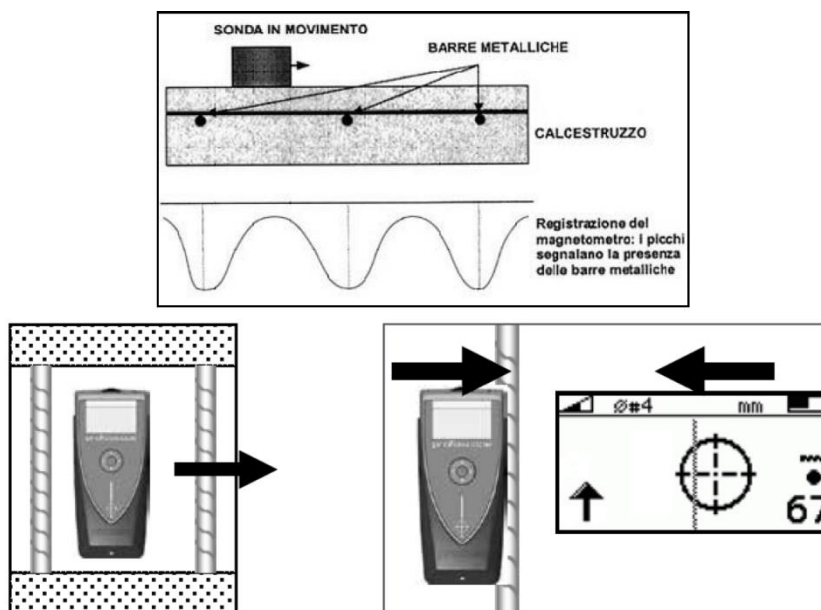


Figura 6 – Esecuzione del rilievo con pacometro.

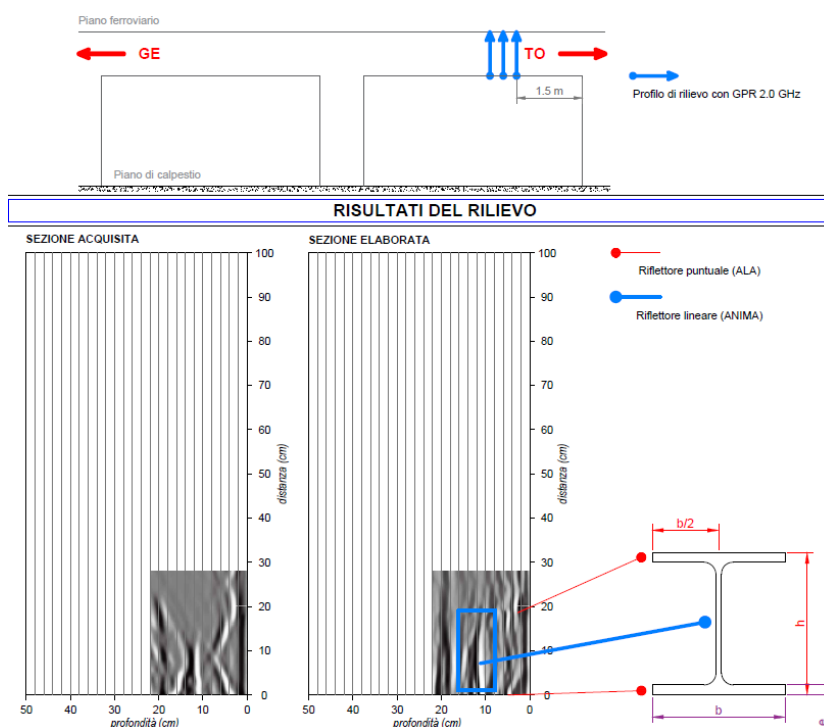


Figura 7 – Risultati di un rilievo GPR eseguito sull'impalcato di un ponte.

Ingegneria & Controlli Italia s.r.l.

- Sede legale** • TORINO - Via Donati, 14
- Sedi operative** • TORINO - Via G. Agnelli, 71 -10022 Carmagnola – Ph. +39 011 3975311
- BERGAMO - Via Gramsci, 1 - 24042 Capriate San Gervasio - Ph. +39 02 92864185 - Fax 02 92864187