

Scoprire i segreti nascosti del calcestruzzo: ciò che il GPR può (e non può) rivelare

Ottenere risultati ottimali dai controlli non distruttivi delle strutture in calcestruzzo

Il radar a penetrazione del terreno (GPR) è diventato rapidamente un metodo non distruttivo popolare per le indagini sul calcestruzzo, grazie alla sua gamma di usi industriali, dalla semplice prevenzione dei colpi all'analisi della capacità strutturale. Il GPR è lo strumento ideale per la mappatura degli oggetti nel cemento armato, in quanto produce immagini chiare di oggetti metallici come armature o cavi post-tesi. Il GPR funziona così bene nella mappatura delle armature che a volte si dimenticano i limiti di ciò che può o non può trovare. Questo può portare a informazioni incomplete su ciò che si trova nel calcestruzzo. È importante conoscere la scienza che sta dietro a un dispositivo di scansione GPR per comprenderne le capacità e i limiti e per capire cosa può fare per l'operatore.

I dispositivi GPR sono costituiti da una o più antenne contenenti un trasmettitore e un ricevitore. Il trasmettitore emette onde elettromagnetiche nel calcestruzzo e quando le onde incontrano i confini del materiale, una percentuale dell'energia delle onde viene riflessa e ricevuta dall'antenna. I tempi di riflessione e l'energia vengono registrati e, una volta raccolti i dati a distanza, si ottiene un'immagine trasversale del calcestruzzo (Figura 1). Gli oggetti vengono spesso visualizzati come iperboli, perché man mano che il dispositivo si avvicina all'oggetto, il tempo di arrivo dell'onda di ritorno diminuisce. Quando il dispositivo si trova direttamente sopra l'oggetto, il tempo di arrivo è il più breve, il che crea il picco dell'iperbole. Quando il dispositivo si allontana, il tempo di arrivo aumenta e si forma la seconda metà dell'iperbole. Se l'oggetto non è un singolo punto ma è costante per tutta la lunghezza della scansione, come il lato opposto del calcestruzzo (parete posteriore), non si forma un'iperbole. Al contrario, il tempo di arrivo della riflessione costante appare come una banda sulla sezione trasversale.

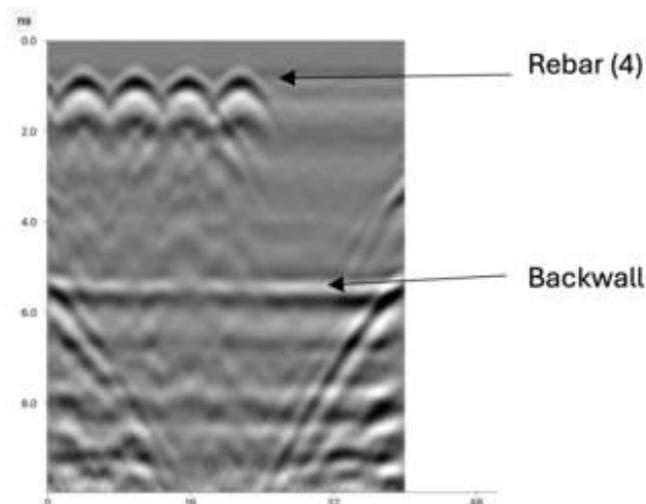


Figure 1: Typical GPR image, called radargram, with rebar and backwall

Se le onde si riflettono quando incontrano un confine materiale, il punto cruciale è che la riflessione delle onde dipende da un'unica proprietà del materiale: la costante dielettrica. La costante dielettrica, o permittività relativa, indica la capacità di un materiale di condurre l'elettricità. Il calcestruzzo ha in genere un valore compreso tra 7 e 12, a seconda del tipo di miscela e del contenuto d'acqua. Se l'onda radar attraversa il calcestruzzo con un materiale che ha una costante dielettrica significativamente diversa, una parte dell'energia dell'onda verrà riflessa in base all'entità della differenza. I metalli sono un fantastico condotto elettrico e hanno una costante dielettrica infinita. Questa differenza infinita tra calcestruzzo e metallo è il motivo del forte segnale di ritorno e della chiara iperbole per i rinforzi in acciaio come le armature.

Altri materiali comuni presenti nel calcestruzzo sono l'aria e la plastica. L'aria può essere il lato opposto di una lastra sopraelevata o un difetto interno sostanziale come una mancanza di consolidamento, un'alveolatura o una fessura di delaminazione. L'aria ha una costante dielettrica pari a 1, quindi la riflessione è più debole rispetto ai metalli, ma spesso è ancora visibile sulla scansione. Tuttavia, queste riflessioni sono raramente iperboli pulite. Il lato opposto del calcestruzzo apparirà come una fascia, come discusso in precedenza. Un vuoto raramente ha una forma ben definita e l'iperbole apparirà più probabilmente distorta (Figura 2). La plastica è comunemente usata per i condotti elettrici e ha una costante dielettrica di circa 4. La differenza tra il calcestruzzo e la plastica è molto più piccola rispetto ad altri materiali ed è più difficile da rilevare in una scansione GPR a causa del suo debole segnale.

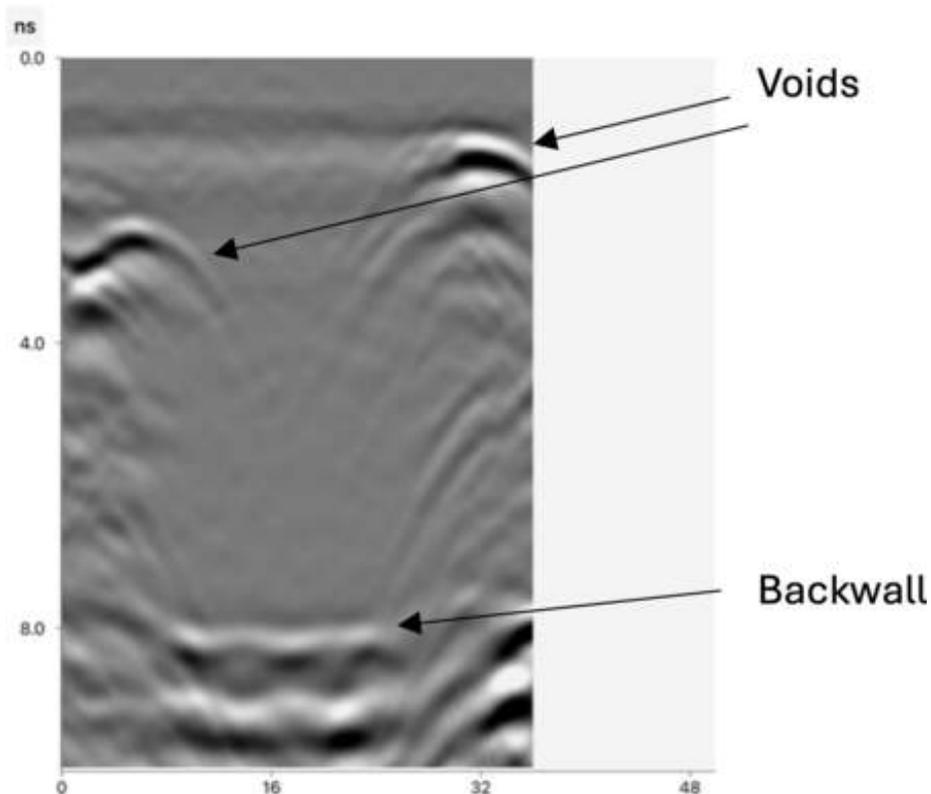


Figure 2: GPR scan showing air in concrete

Consideriamo l'equazione seguente per la velocità di propagazione di un'onda. Il tempo di arrivo è misurato dal dispositivo e la velocità della luce è un valore noto. Se si stima la costante dielettrica, utilizzando la corrispondenza dell'iperbole o calibrando su una profondità nota, è possibile calcolare la profondità di qualsiasi oggetto. Poiché la costante dielettrica del calcestruzzo ha un ampio intervallo, è importante calibrare per diverse miscele di calcestruzzo.

Equazione 1:

$$v = \frac{d}{t} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$$

Dove;

v è la velocità dell'onda

d è la distanza dall'oggetto

t è il tempo di arrivo

c è la velocità della luce

ϵ è la costante dielettrica.

Anche il contenuto d'acqua del calcestruzzo può influenzare la costante dielettrica e deve essere calibrato. L'acqua ha una costante dielettrica di 81, molto più alta del calcestruzzo. Quando il calcestruzzo è saturo, la costante dielettrica del sistema aumenta e l'acqua disperde l'energia delle onde. Questo crea immagini sfocate che sono difficili o impossibili da interpretare. Il GPR non dovrebbe essere utilizzato sul calcestruzzo fresco, poiché la tecnologia è notevolmente limitata fino a quando il calcestruzzo non è completamente stagionato e il contenuto d'acqua si riduce.

La profondità di visualizzazione GPR dipende da diversi fattori, tra cui quelli relativi alla struttura, al calcestruzzo, all'ambiente e al dispositivo GPR [Dispositivo GPR](#). Gli oggetti metallici riflettono il 100% dell'energia delle onde, il che significa che l'oggetto metallico apparirà chiaramente, ma non si vedrà nulla al di sotto del metallo. Questo può essere un problema per la visualizzazione di armature impilate o di oggetti che scorrono sotto la griglia di armature (Figura 3). Questo è un problema importante per il calcestruzzo rinforzato con fibre d'acciaio, perché le fibre non permettono il passaggio delle onde e quindi non c'è penetrazione visiva in profondità. Anche la stretta spaziatura delle armature può rappresentare un problema, in quanto l'onda non ha lo spazio necessario per attraversare efficacemente la griglia (Figura 3). Anche in questo caso, l'onda può nascondere qualsiasi oggetto sottostante, compresa la parete posteriore, rendendo difficile la misurazione dello spessore. Alcuni dispositivi GPR possono eseguire la polarizzazione incrociata, che ruota l'orientamento dell'antenna in modo da far passare più energia d'onda accanto a un oggetto. Ciò determina un'iperbole con code più corte per gli oggetti metallici, ma può consentire di ottenere una parete posteriore più pulita.

Altri fattori che determinano la potenziale penetrazione in profondità sono la saturazione e la qualità del calcestruzzo. Quando le onde GPR interagiscono con l'acqua, l'energia si perde e la penetrazione in profondità si riduce (Figura 3). In un calcestruzzo di bassa qualità sono presenti più vuoti e fessure, ognuno dei quali comporta un ulteriore confine da attraversare e una corrispondente perdita di energia dovuta alla riflessione. Peggiora la qualità del calcestruzzo, minore sarà la penetrazione in profondità.

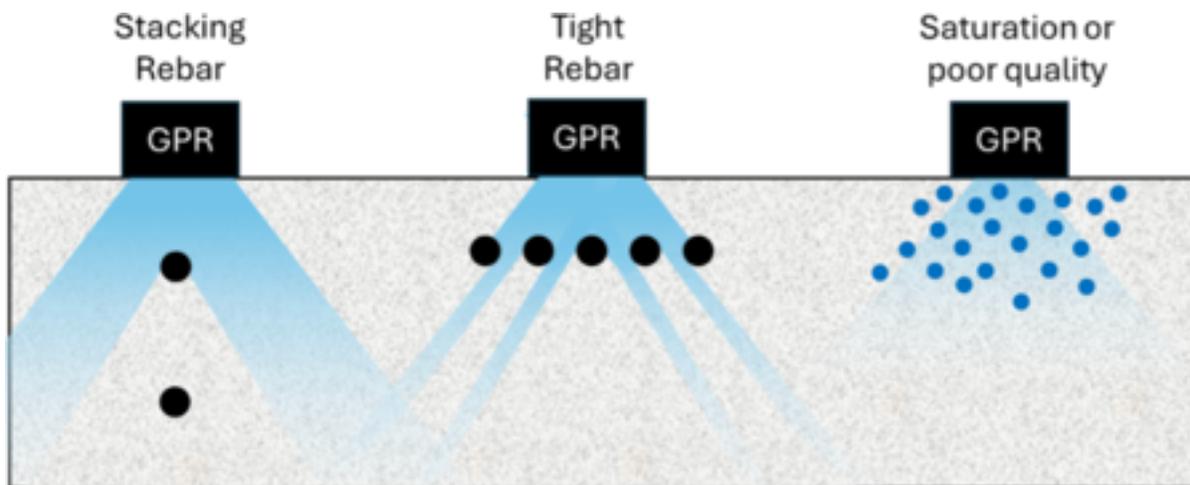


Figure 3: Factors limiting GPR imaging

È disponibile un certo controllo per la penetrazione in profondità. Quando il trasmettitore emette onde elettromagnetiche, lo fa a una frequenza specifica, determinando il numero di onde che si verificano in un determinato periodo. Questo definisce la risoluzione dell'immagine. Più alta è la frequenza, migliore è la risoluzione, ma minore è la penetrazione in profondità. Le frequenze più basse non hanno una risoluzione nitida, ma sono in grado di riprodurre oggetti più profondi. Alcuni dispositivi consentono all'utente di scegliere la profondità di penetrazione desiderata disponendo di più antenne, ciascuna con una specifica frequenza pulsata. Un metodo più recente, chiamato onda continua a frequenza graduale, fornisce invece un'ampia gamma di frequenze in modo da ottenere sia la risoluzione che la penetrazione in profondità.

Il GPR è un metodo eccellente per la mappatura degli oggetti nel settore del calcestruzzo. Tuttavia, è importante comprendere i limiti del dispositivo, nonché la qualità e le condizioni del calcestruzzo, per aumentare la fiducia in una scansione. La calibrazione della costante dielettrica ogni volta che si verifica un cambiamento nel calcestruzzo è fondamentale per ottenere stime accurate della profondità. Considerare la qualità e l'ambiente del calcestruzzo per garantire che il calcestruzzo sia sufficientemente asciutto per una scansione corretta e per ottenere la penetrazione in profondità desiderata. Inoltre, la frequenza dell'antenna scelta, a impulsi o a gradini, è importante quando si privilegia la risoluzione o la penetrazione in profondità.

Katelyn Gennuso, Ph.D., è consulente per le soluzioni del membro CSDA Proceq - A Screening Eagle Company. Ha conseguito un dottorato di ricerca in ingegneria civile presso l'Università di Pittsburgh, con specializzazione in pavimentazioni in calcestruzzo. Katelyn è un ingegnere civile esperto negli aspetti tecnici dei test non distruttivi, spesso nell'analisi di strutture in calcestruzzo. Può essere contattata all'indirizzo Katelyn.Gennuso@screeningeagle.com.



[Terms Of Use](#)
[Website Data Privacy Policy](#)

Copyright © 2024 Screening Eagle Technologies. All rights reserved. The trademarks and logos displayed herein are registered and unregistered trademarks of Screening Eagle Technologies S.A. and/or its affiliates, in Switzerland and certain other countries.