

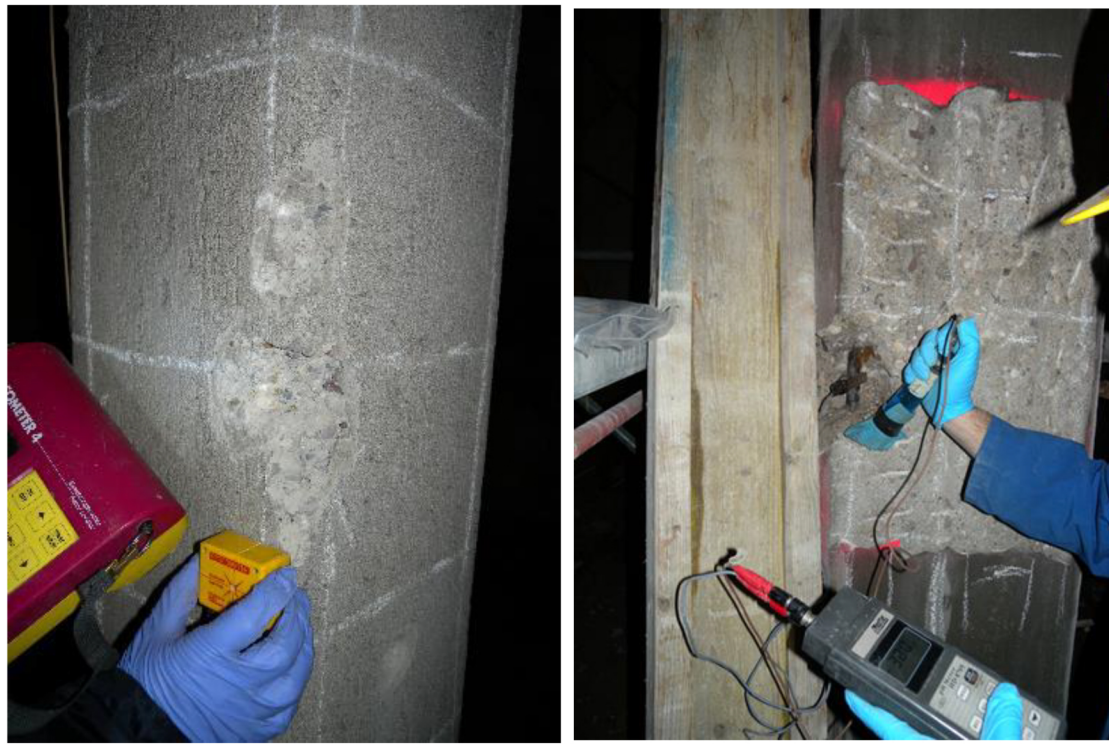
Introduzione e caso studio

Corrosione delle armature nel calcestruzzo

Le condizioni di corrosione delle armature nel calcestruzzo possono essere investigate attraverso una combinazione di misure distruttive (analisi di campioni di calcestruzzo) e non distruttive (per esempio tecniche elettrochimiche e misura dello spessore di copriferro).



Prelievo di campioni e analisi sul calcestruzzo



Rilievo dello spessore di copriferro e misura del potenziale dell'armatura

Caso studio: prototipo di canaletta drenante

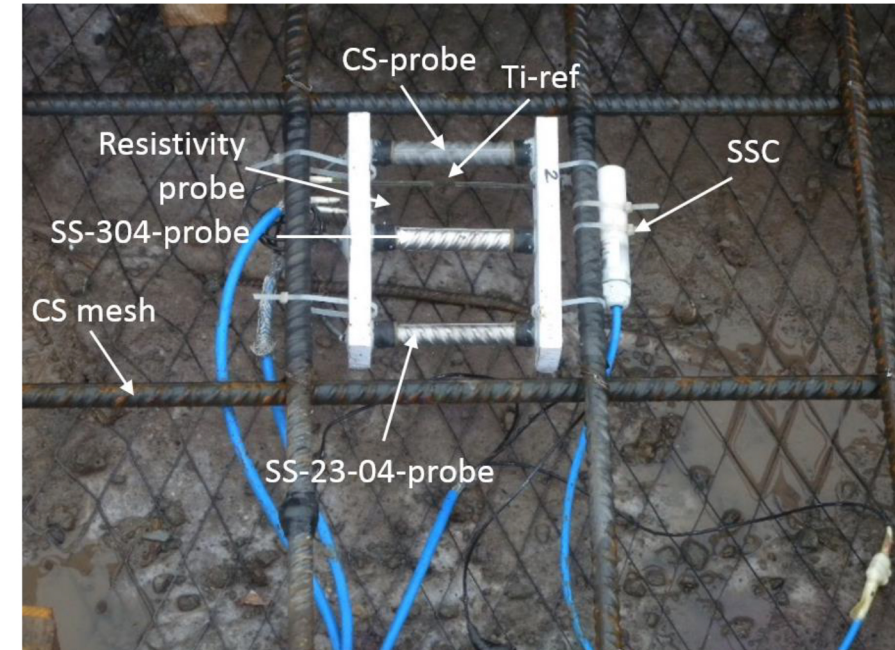
È stata costruita una canaletta drenante per la raccolta e l'allontanamento delle acque provenienti dalla pavimentazione stradale adiacente (autostrada A1 in prossimità di Piacenza Sud, all'interno del cantiere Pavimental). La canaletta contiene diversi tipi di calcestruzzo (ordinario, con acqua di mare e con aggregati riciclati) e di armatura (acciaio al carbonio, acciaio inossidabile austenitico e duplex) ed è stata progettata con l'obiettivo di consentire un monitoraggio a lungo termine delle condizioni di corrosione dell'armatura, riducendo l'effettuazione di prove distruttive.



Localizzazione del prototipo



Vista della canaletta



Sonde e elettrodi di riferimento

Strategia: mettere a punto un sistema di acquisizione per il monitoraggio continuo delle condizioni di corrosione dell'armatura, attraverso la misura combinata del potenziale di corrosione dell'armatura e della resistività elettrica del calcestruzzo, che consenta di investigare in modo non distruttivo l'evoluzione delle condizioni di corrosione.

Grandezze analizzate

Potenziale di corrosione dell'armatura

Principio

Il potenziale dell'armatura è correlato con le sue condizioni di corrosione: armature passive hanno in genere un potenziale più elevato di quelle attive. La misura del potenziale viene effettuata con un voltmetro e richiede il collegamento elettrico con l'armatura e un elettrodo di riferimento (interno o esterno).



Elettrodo SSC interno



Misura del potenziale con elettrodo CSE esterno

Misure effettuate

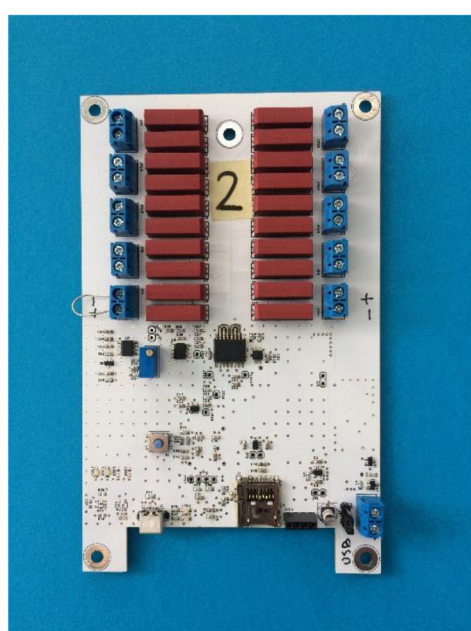
Il potenziale delle diverse armature è stato misurato sia rispetto all'elettrodo SSC interno, sia rispetto all'elettrodo CSE esterno. In particolare, le misure rispetto all'elettrodo SSC interno sono state svolte:

- Manualmente dal quadro elettrico
- Con un sistema di acquisizione dati costruito ad hoc nell'ambito del laboratorio PoliINDT, costituito da un sistema a 10 canali indipendenti

Sono state inoltre effettuate mappature per verificare la variabilità del potenziale all'interno di ogni zona della canaletta.



Quadro elettrico con i collegamenti agli elettrodi e alle sonde interne

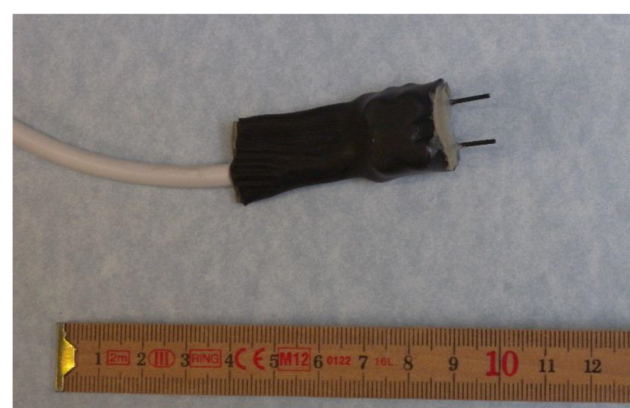


Sistema di acquisizione dati per la misura del potenziale

Resistività elettrica del calcestruzzo

Principio

La resistività elettrica del calcestruzzo determina la velocità di corrosione dell'armatura in fase di propagazione. Dipende dalle condizioni di umidità del calcestruzzo e dalla sue caratteristiche in termini di porosità, carbonatazione e contenuto di cloruri. La sua misura alla profondità dell'armatura può quindi consentire di evidenziare variazioni locali delle caratteristiche del calcestruzzo che possono influenzare l'innesco e la propagazione della corrosione. La misura viene effettuata con un conduttimetro e richiede due elettrodi (interni o esterni).



Sonda interna per la misura della resistività

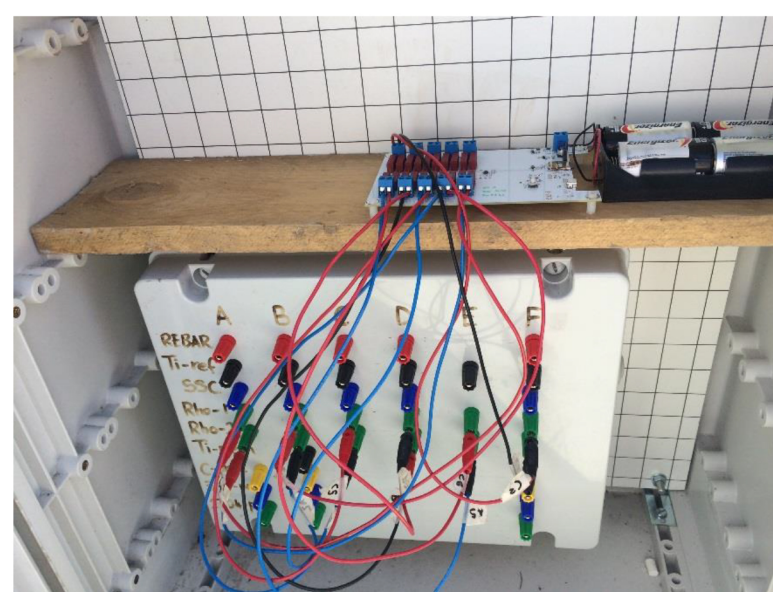


Sonda esterna e conduttimetro per la misura della resistività

Misure effettuate

La resistività elettrica del calcestruzzo è stata misurata attraverso le sonde interne. Le misure sono state svolte:

- Manualmente dal quadro elettrico
- Con un sistema di acquisizione dati costruito ad hoc nell'ambito del laboratorio PoliINDT, costituito da un sistema a 10 canali indipendenti che consente la misura della conduttanza elettrica

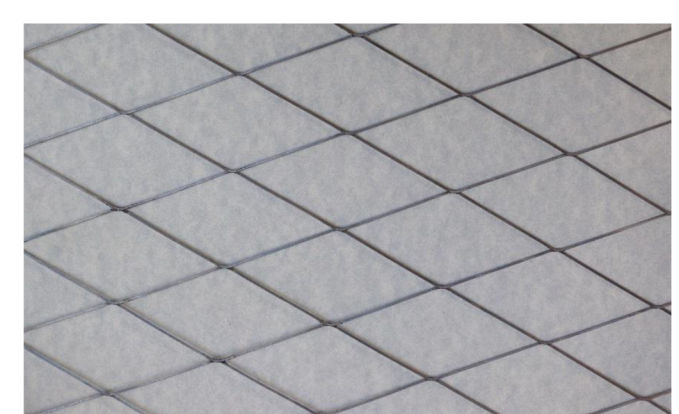
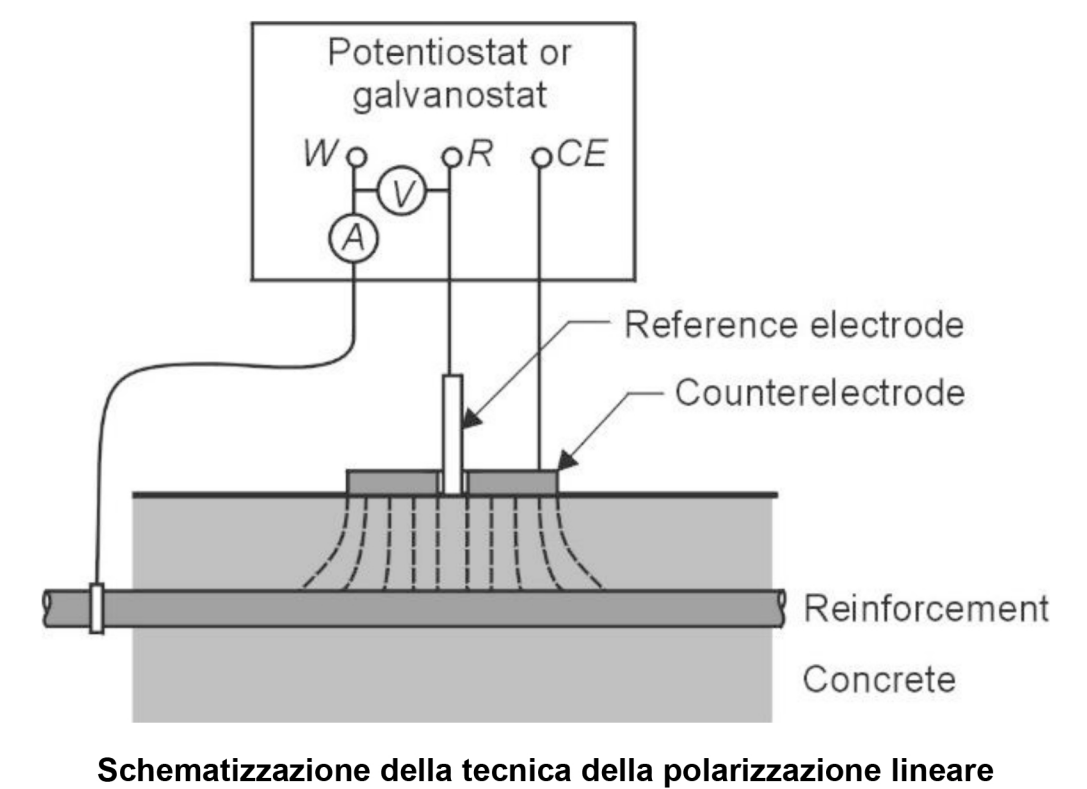


Sistema di acquisizione dati per la misura della resistività

Velocità di corrosione dell'armatura

Principio

La velocità di corrosione quantifica l'entità del fenomeno corrosivo (in genere viene espressa come velocità di assottigliamento) e le sue conseguenze. Viene misurata con la tecnica della polarizzazione lineare, che consiste nel polarizzare l'armatura nell'intorno del suo potenziale di corrosione (± 10 mV) misurando la corrente circolante. Dalla resistenza di polarizzazione si calcola quindi la velocità di corrosione. La misura viene effettuata con un potenziostato e richiede, oltre al collegamento elettrico con l'armatura e con l'elettrodo di riferimento, controlettrodo (in genere in titanio attivato) per l'erogazione della corrente.



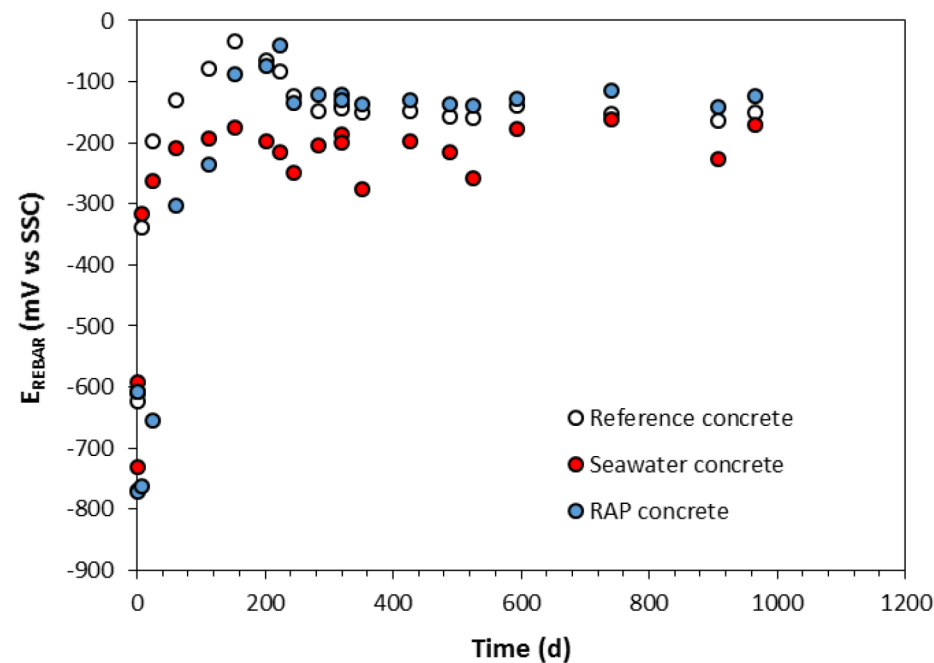
Rete di titanio attivato usata come controlettrodo

Misure effettuate

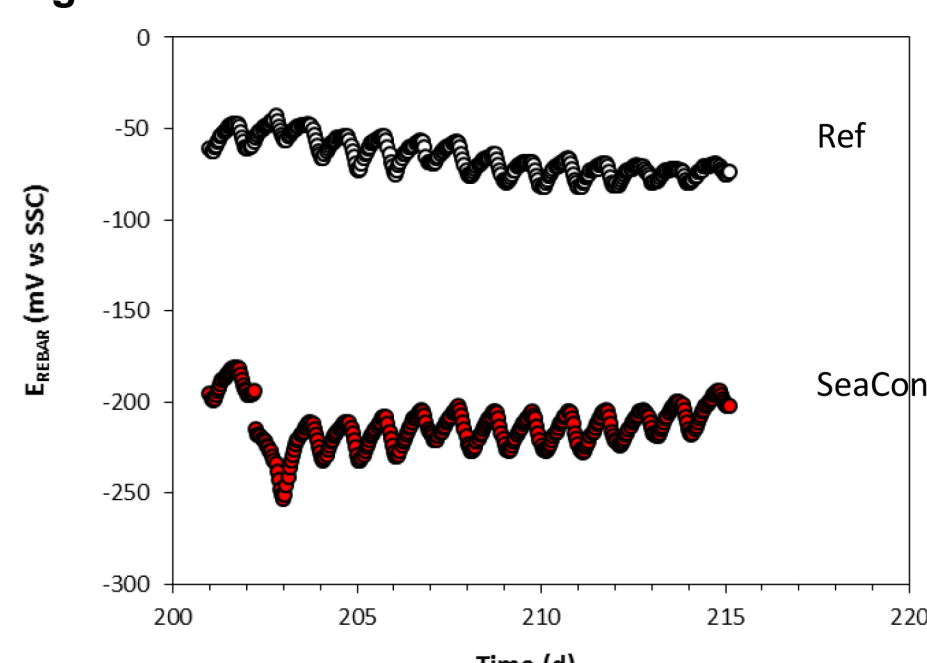
La velocità di corrosione dell'armatura è stata misurata manualmente dai collegamenti sul quadro elettrico, in quelle zone della canaletta equipaggiate con la rete di titanio attivato.

Risultati *in situ* e conclusioni

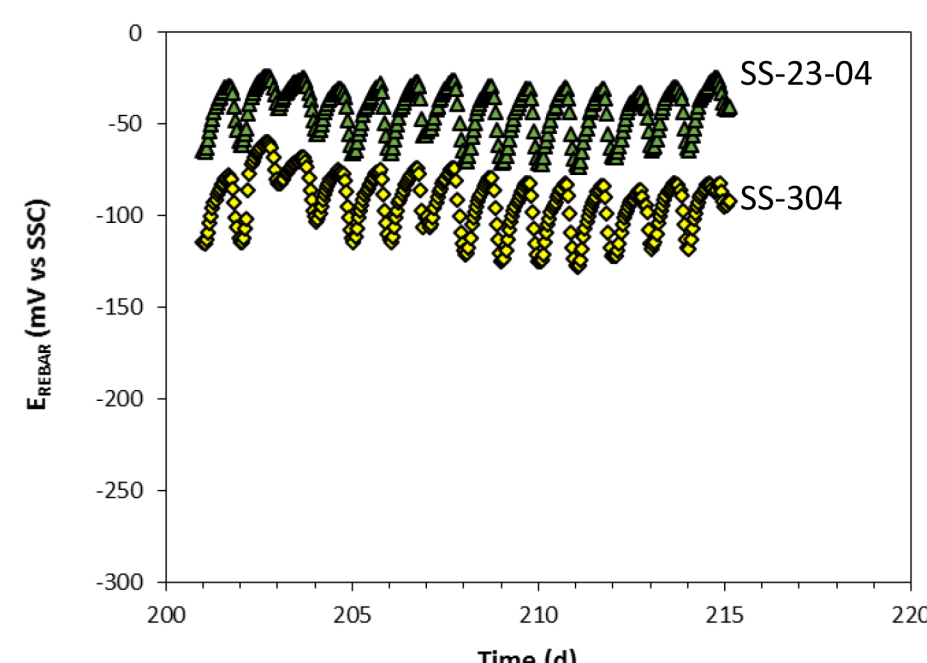
Si riportano a titolo d'esempio i risultati delle misure di potenziale dell'armatura rilevate manualmente (ogni 3 mesi circa), con il sistema di acquisizione dati (ogni ora) e le mappature di potenziale (ogni anno). I risultati mostrano che le armature si trovano in condizioni di passività, con l'eccezione delle armature di acciaio al carbonio nel calcestruzzo con acqua di mare dove sono possibili inneschi localizzati della corrosione. Le misure con il sistema di acquisizione hanno permesso di evidenziare oscillazioni giornaliere del potenziale, legate alle variazioni ambientali. Le mappature di potenziale hanno evidenziato che le condizioni di corrosione sono sostanzialmente uniformi in ogni zona della canaletta.



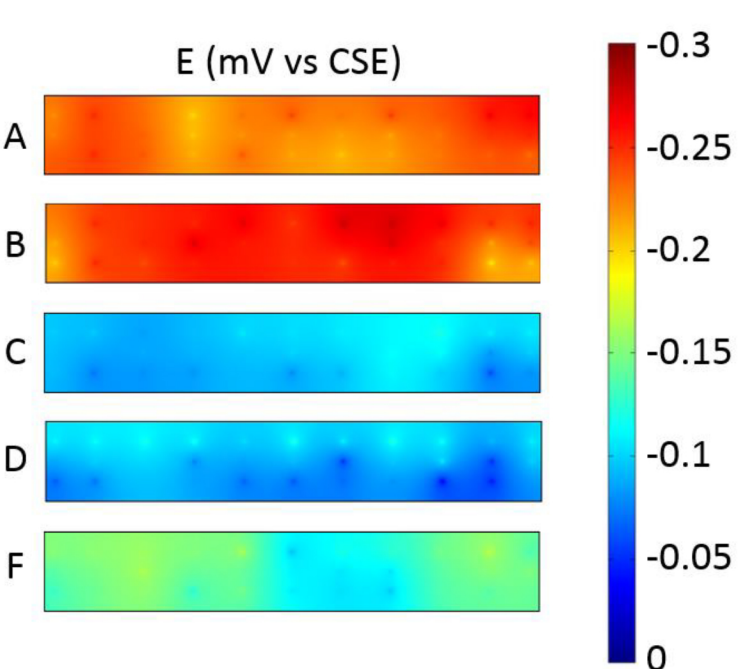
Potenziale dell'armatura di acciaio al carbonio nel calcestruzzo ordinario, con acqua di mare e con aggregati riciclati



Potenziale dell'armatura di acciaio al carbonio nel calcestruzzo ordinario e con acqua di mare



Potenziale dell'armatura di acciaio inossidabile austenitico (304) e duplex (23-04) nel calcestruzzo con acqua di mare



Mappatura di potenziale

