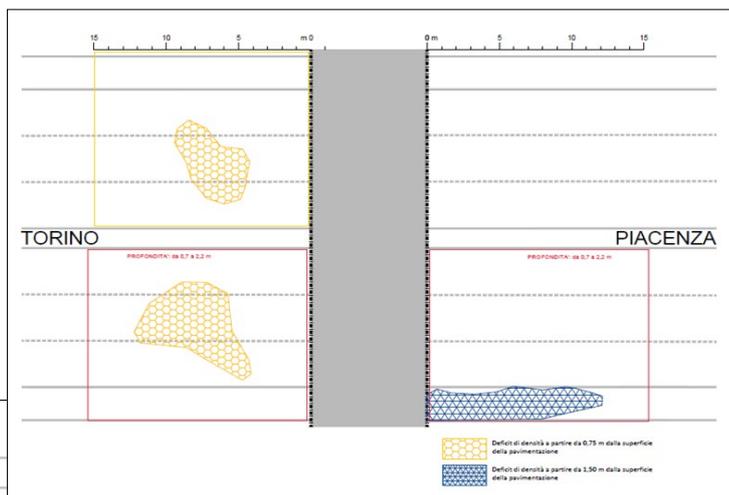


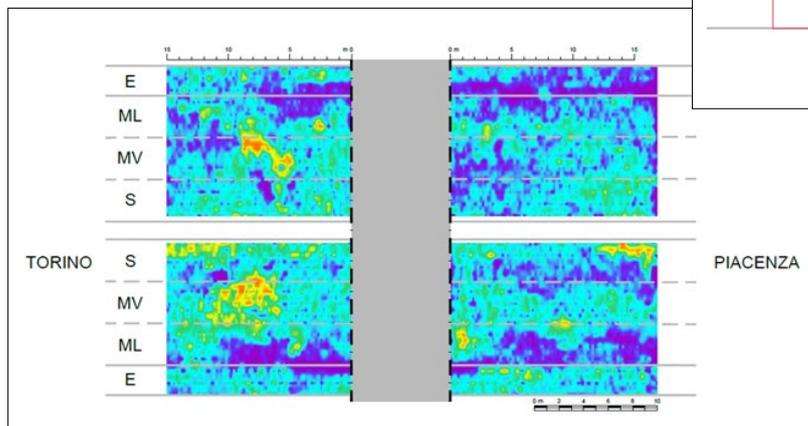
A21 TORINO-PIACENZA LE INIEZIONI DI RESINE

SULLA A21, NEL TRONCO AUTOSTRADALE TORINO-PIACENZA, ERANO STATE RILEVATE DELLE DEFORMAZIONI DELLA CARREGGIATA IN ENTRAMBE LE DIREZIONI. IL PROBLEMA ERA PROVOCATO PRINCIPALMENTE DA DEFICIT DI DENSITÀ DEL TERRENO SOTTOSTANTE LA FONDAZIONE STRADALE

Per risolvere in modo rapido e non invasivo, minimizzando i disagi al traffico, l'ente concessionario S.A.T.A.P. ha incaricato Uretex di intervenire con un trattamento di consolidamento del rilevato mediante iniezioni di resina espandente. Il tratto autostradale interessato dall'intervento è costituito da due carreggiate, una in direzione Torino e l'altra verso Piacenza, entrambe dotate di tre corsie di marcia e una corsia di emergenza. La sede stradale è rialzata rispetto al terreno circostante e attraversa il corso del canale Rio Busso, dove è stato installato un tombino idraulico.



2. Schema riassuntivo delle zone a deficit di densità post indagine georadar



1. Esempio elaborazione grafica dell'indagine Georadar GPR

PROBLEMA E FASE DI INDAGINE

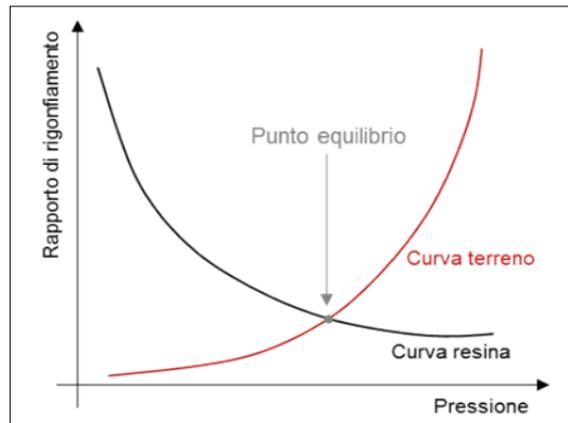
A seguito di un'attività di monitoraggio ispettivo che ha evidenziato segni di degrado sulla pavimentazione in alcune aree della carreggiata, l'ente concessionario S.A.T.A.P. ha affidato a SINA S.p.A., società di ingegneria specializzata in sistemi avanzati di rilevamento tecnologico per infrastrutture stradali, l'esecuzione di una serie di indagini fina-

lizzate alla caratterizzazione geotecnica e geomeccanica del rilevato autostradale. L'obiettivo era individuare le migliori soluzioni di consolidamento per migliorare le proprietà meccaniche del terreno. In un primo momento, sono state eseguite indagini georadar con tecnologia GPR (Ground Probing Radar) per identificare eventuali anomalie legate al degrado del rilevato stradale e del sottosuolo, fino a una profondità di circa 4 metri dal livello della pavimentazione.

Dai dati acquisiti, sono emerse irregolarità nella composizione del rilevato, con deficit di densità rilevati su entrambe le carreggiate, sia in direzione Piacenza che Torino, a profondità variabili tra 0,75 e 1,50 metri dalla superficie stradale. Queste anomalie suggeriscono un'alterazione della consistenza del rilevato, che potrebbe compromettere la sicurezza e rendere necessari interventi di risanamento in tempi brevi. Per confermare i risultati emersi dalla prima fase di indagine, sono stati effettuati ulteriori sondaggi geognostici a carotaggio continuo fino a una profondità di 3 metri, con esecuzione di prove SPT in vari punti delle carreggiate. Questi studi hanno confermato la presenza di un primo strato di sabbia grossolana e leggermente ghiaiosa fino a 1,50 metri di profondità, seguito da un livello di sabbia fine con una leggera componente limosa fino a 3 metri.

LA SOLUZIONE URETEK – ANALISI E FASE DI PROGETTAZIONE

Per risolvere i problemi di densità del rilevato, S.A.T.A.P. si è rivolta a Urettek, azienda specializzata nel consolidamento dei terreni di fondazione in ambito civile, industriale e infrastrutturale da oltre 35 anni, utilizzando tecnologie innovative brevettate con un impatto minimo sulla circolazione e sulla vita quotidiana.



3. Condizione di equilibrio tra la pressione di rigonfiamento della resina iniettata e la pressione di confinamento del terreno

Dopo aver analizzato i risultati delle indagini e condotto sopralluoghi con tecnici specializzati, si è deciso di intervenire con la tecnologia Urettek Deep Injection che prevede l'iniezione di resine poliuretatiche Geoplus ad alta pressione di rigonfiamento per compattare il terreno al di sotto della fondazione stradale.

L'intervento è stato progettato utilizzando il software S.I.M.S. 2.0, sviluppato con il Politecnico di Torino, in grado di modellare il comportamento della resina espandente nel terreno e prevedere il miglioramento dei parametri geotecnici in funzione della quantità di resina iniettata.

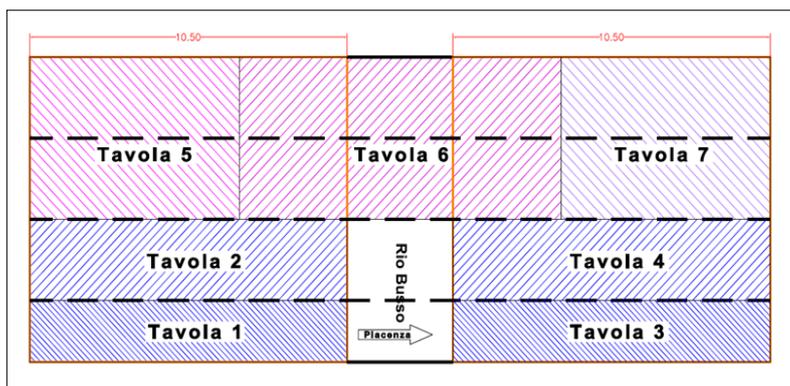
Il software si basa sulla teoria della cavità espansa, che correla la pressione esercitata dal bulbo di espansione della resina con la pressione di confinamento del terreno, permettendo di determinare con precisione il tipo e il volume di resina necessari per raggiungere gli obiettivi di consolidamento.

INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO CON INIEZIONI DI RESINE

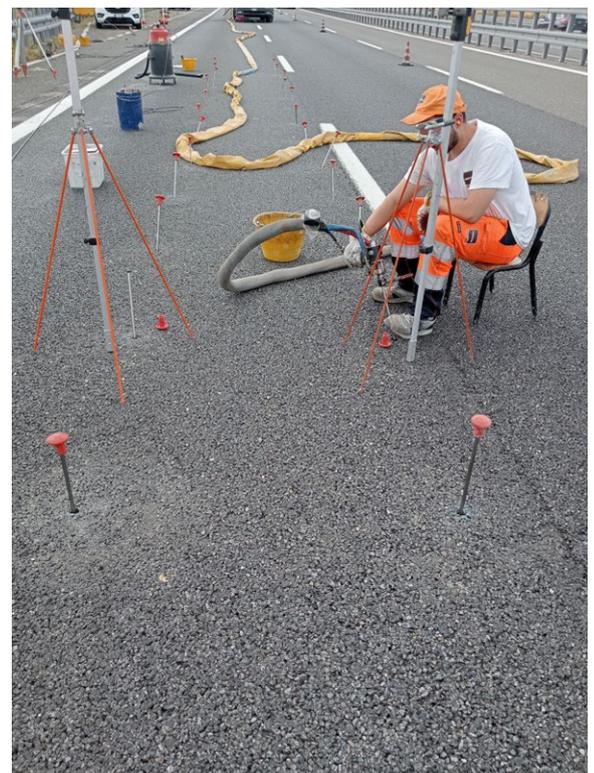
L'intervento è stato eseguito sulla carreggiata sud, direzione Piacenza, su un'area di circa 400 mq con uno spessore di trattamento di 2 metri sotto la fondazione stradale. Considerando che lo spessore del



5. Esempio di agglomerato resina-terreno granulare



4. Schema riassuntivo del cronoprogramma e zone di intervento



6. Fase di iniezione della resina espandente



7. Fase di perforazione della superficie stradale

pacchetto stradale varia tra 0,6 e 0,8 metri e che il terreno compatto si trova a circa 1,2 metri di profondità, il consolidamento è stato avviato a partire da questa quota.

Per minimizzare l'impatto sulla circolazione, soprattutto nelle ore di maggiore traffico, è stato concordato un cronoprogramma che prevedeva la suddivisione dell'area d'intervento in sotto-zone. Questo ha permesso di chiudere temporaneamente solo alcune corsie, deviando il traffico sulle corsie adiacenti. In ogni sotto-area è stata predisposta una maglia di perforazione, con fori da 26 mm eseguiti tramite perforatori elettrici manuali a rotoperussione fino alla profondità definita in fase progettuale.



8. La minima invasività dell'intervento di consolidamento Uretek

L'iniezione della resina è stata realizzata con il sistema brevettato Uretek Multipoint, che utilizza cannule in acciaio a fondo cieco con fori laterali calibrati. La resina viene rilasciata simultaneamente da tutti i fori con una portata costante, espandendosi e polimerizzandosi in pochi secondi. Questa tecnologia consente di mantenere la resina confinata nei punti di iniezione, riducendo dispersioni e tempi di trattamento.



9. Inserimento delle cannule multiforate nei fori precedentemente realizzati

La diffusione della resina varia a seconda del tipo di suolo: nei terreni granulari avviene per permeazione, creando agglomerati di resina e terreno di forma cilindrica.

Le operazioni di iniezione sono state monitorate con strumentazione laser, capace di rilevare sollevamenti verticali della fondazione stradale con una precisione di $\pm 0,5$ mm.

Il successo dell'intervento è stato verificato tramite prove penetrometriche comparative, condotte prima e dopo l'iniezione, utilizzando un penetrometro dinamico medio (DPM). Fin dalla fase di progettazione, era stato definito un numero adeguato di test per garantire il miglioramento delle caratteristiche meccaniche del terreno trattato.

L'intervento di Uretek si è concluso con successo in una settimana, consentendo di risolvere rapidamente il problema di scarsa densità del rilevato e ripristinare il normale flusso veicolare sull'autostrada A21. ■

⁽¹⁾ Business Development Manager Uretek Italia

DATI TECNICI

Stazione appaltante: Satap SpA

Progetto esecutivo: Sina SpA

Esecutori dei lavori: Uretek Italia SpA

Durata dei lavori: 5 giorni lavorativi

Data di consegna: 23 settembre 2024

Data di ultimazione: 28 settembre 2024