



Miscelazione profonda ad alta tecnologia

TREVIICOS, FILIALE AMERICANA DI TREVI, STA REALIZZANDO IN FLORIDA, SULLA US 331, UN IMPORTANTE INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO CON IL METODO TREVITURBOMIX



Lucio Garofalo

Treviicos, attraverso la sua sussidiaria Treviicos South (TIS), è impegnata in Florida in un importante intervento di consolidamento delle fondazioni della strada federale US 331 (Strada Regionale 83) nel tratto che attraversa la baia di Choctawhatchee.

La baia, che si estende per circa 65 km e copre 334 km², fa parte della cosiddetta Emerald Coast, situata nel Nord-Ovest dello stato. Pur attraversando la Florida per soli 79 km, la US 331/SR 83 è di grande rilievo per quella zona (il cosiddetto panhandle) perché a Sud si innesta sulla Route 98, che attraversa l'area turistica e densamente popolata della costa, mentre a Nord si allaccia alla US 10 (Interstate 10), corridoio di notevole importanza che collega l'Atlantico al Pacifico, seguendo la rotta più meridionale fra tutte quelle che tagliano gli Stati Uniti da Est a Ovest.

L'infrastruttura è però strategica soprattutto da un punto di vista del trasporto locale perché, essendo appunto uno dei collegamenti con la costa, è soggetta ad un traffico com-

merciale e privato sempre intenso, e a volte eccessivo, rispetto alle sue capacità, del resto pensate per i volumi degli anni cinquanta dello scorso secolo (fu inaugurata nel 1953). La US 331, che nel tratto di 4,8 km in cui attraversa la baia di Choctawhatchee ha solo due corsie, svolge poi un ruolo determinante anche da un punto di vista della mobilità di emergenza, perché, in caso di evacuazione per l'avvicinarsi di un uragano, è in sostanza l'unica via fuga dall'area di Santa Rosa Beach verso Nord. La zona è infatti densamente popolata, specie durante la stagione turistica che, in parte, coincide proprio con quella in cui più frequente è la formazione di uragani e tempeste.

Da tempo, il Dipartimento dei Trasporti della Florida aveva dunque inserito la US 331/SR 83 fra le priorità d'intervento e per questo specifico progetto ha richiesto e ottenuto il supporto finanziario del Governo Federale di Washington attraverso il programma Tiger II (Transport Investing Generating Economy Recovery).



1. L'importante intervento di consolidamento delle fondazioni della Strada Federale US 331 (Strada Regionale 83), nel tratto che attraversa la baia di Choctawhatchee che ha solo due corsie, svolge un ruolo determinante anche da un punto di vista della mobilità di emergenza perché, in caso di evacuazione per l'avvicinarsi di un uragano, è l'unica via di fuga dall'area di Santa Rosa Beach verso Nord



2. La baia a Est della penisola della Florida si estende per circa 65 km e copre una superficie di 334 km²

Da due a quattro corsie

Il progetto di potenziamento della viabilità ha dunque previsto che per l'attraversamento della baia venisse realizzata una nuova carreggiata a due corsie per un tratto di 6,4 km, ottenuta costruendo un nuovo ponte a Est di quello esistente (Clyde B. Wells Bridge, 3,65 km) e utilizzando per tutta la loro larghezza le strade rialzate esistenti che portavano al ponte dal lato Sud e da quello Nord.

Il piano di potenziamento e adeguamento dell'infrastruttura ha inoltre previsto che la parte finale del rilevato dal lato Sud fosse sistemato in modo da poter ricavare una zona ricreativa. Una volta terminati i lavori, il nuovo ponte sarà utilizzato per il traffico diretto verso Nord e quello esistente per quello verso Sud; lo stesso avverrà per le strade rialzate.

L'appalto, che prevedeva progettazione e costruzione (Design and Build), è stato assegnato ad un consorzio di imprese formato da Skanska e Parsons-Brinckeroff, che oltre al progetto, gestisce direttamente la costruzione del nuovo ponte,

la costruzione della nuova carreggiata della strada rialzata (escluse le fondazioni), così come tutti i lavori provvisori necessari all'esercizio della viabilità durante le varie fasi di lavoro. Il consorzio ha invece subappaltato a Treviicos, i consolidamenti delle fondazioni che si trovano al disotto dei rilevati, perché questo aspetto cruciale dell'opera doveva essere gestito da un'impresa specializzata nell'ingegneria del sottosuolo. Treviicos, Filiale americana di Trevi SpA, è stata scelta proprio per via della notevole esperienza accumulata in tutti i tipi di fondazioni in terreni inconsistenti.

Nel corso degli anni, i rilevati della strada rialzata che porta al ponte avevano infatti mostrato segni evidenti di cedimenti per via dell'insufficiente portanza dovuta all'effetto combinato degli aumentati volumi di traffico e della scarsa qualità dei materiali di consolidamento adottati al tempo della prima costruzione. Questa era avvenuta alla fine degli anni trenta dello scorso secolo, cioè prima ancora dell'inaugurazione dell'attuale US 331 che, come già sottolineato, risale ai primi anni Cinquanta.



TreviTurboMix, soluzione vincente per una geologia inaffidabile

Il supporto al solido stradale delle due strade rialzate, che da Nord e da Sud portano al ponte, era fornito da uno spessore di circa 13,7 m di sabbie consolidate e di sabbie limose-argillose che avevano subito solo una leggera compattazione e offriva dunque una portanza limitata, come del resto diversi cedimenti differenziali visibili in superficie avevano da tempo evidenziato. Per verificare se esistessero strati portanti profondi suscettibili di assestamenti marcati è stata realizzata un'estesa campagna di carotaggi fino ad una profondità di 61 m con prove penetrometriche dinamiche (SPT) eseguite nel rilevato posto a Sud e in quello centrale.

I test hanno evidenziato che ad una profondità intorno ai 12 m esistevano sabbie da molto sciolte a molto dense, alternate a strati di sabbie limose e argillose. Nessun tipo di strato di calcare è stato incontrato fino a 45,7 m; tuttavia, tra i 45,7 e i 61 m sono stati trovati degli strati sabbiosi molto densi che hanno portato a valori di "rifiuto" (SPT-N). Negli strati superiori i sondaggi hanno invece dimostrato l'esistenza di argille inconsistenti e strati limo-sabbiosi. Ulteriori sondaggi eseguiti in via cautelativa nella parte esterna (verso Est) del rilevato centrale hanno evidenziato risultati simili, dimostrando che di fatto non esisteva uno strato portante ben definito. Questo quadro geologico ha condotto i Progettisti di Skanska e Parson-Brinkerhoff e di Treviicos ad elaborare una soluzione che garantisse quelle qualità di portanza e durabilità richieste dal committente, anche in presenza di un uragano di forza eccezionale ricorrente ogni 100 anni.

La soluzione è stata individuata nella creazione di colonne ottenute attraverso la miscelazione superficiale SMM (o Shallow Mixing Method) e quella profonda DMM (o Deep Mixing Method), entrambe realizzate da Treviicos con il metodo TreviTurboMix. Questo particolare tipo di miscelazione del terreno sviluppata da Trevi e Soilmec (divisione meccanica di Trevi Group) rappresenta un'importante evoluzione della tecnologia della mi-

scelazione del terreno tradizionale; TreviTurboMix permette infatti di realizzare elementi consolidati in maniera veloce ed economica ed è in grado di assicurare i più stringenti livelli qualitativi. Il sistema è applicabile ad una vasta gamma di tipologie di terreni: da quelli coesivi a bassa consistenza a quelli incoerenti e sciolti di media consistenza. Nella tecnologia TreviTurboMix viene utilizzato un utensile che combina l'effetto "getto" ad elevata energia cinetica con la miscelazione meccanica risultante dall'azione delle lame posizionate in modo ottimale.

Questa tecnologia è considerata "liquida" in quanto il legante, costituito da una boiaccia, è iniettato attraverso degli ugelli posizionati nell'utensile. L'iniezione avviene solamente durante la discesa degli utensili, mentre la miscelazione avviene sia in fase di discesa, che in fase di salita. Uno dei più importanti vantaggi del metodo TreviTurbo Mix è che le caratteristiche geometriche delle colonne non dipendono dalla natura del terreno, come nella miscelazione tradizionale, ma rimangono costanti per tutta la lunghezza, evitando così che si innesti una variabile indipendente in termini prestazionali e di durabilità. Con il sistema TreviTurboMix, l'agente stabilizzante è del resto immesso nel terreno già durante la perforazione, come miscela stabile acqua/cemento a cui si possono aggiungere additivi qualora il mix design lo richieda.

Treviicos e Trevi hanno peraltro realizzato con successo decine di interventi con questa tecnologia in Nord America e nel mondo; negli USA, in particolare, TreviTurboMix è stato utilizzato per consolidare l'argine LPV 111 nei pressi di New Orleans, il più grande intervento di questo tipo mai realizzato nel Paese, e fra i più importanti mai realizzati a livello globale.

SMM e DMM per assicurare qualità e durabilità

Considerando i risultati dei sondaggi, la soluzione adottata dai progettisti è apparsa come la più adeguata. È infatti stato scelto uno schema di miscelazione del terreno che assicura portanza attraverso circa 1.500 doppie colonne lunghe 13,70 m e altre 8.400 doppie colonne di 3,04 m.



3. Il nuovo ponte in costruzione

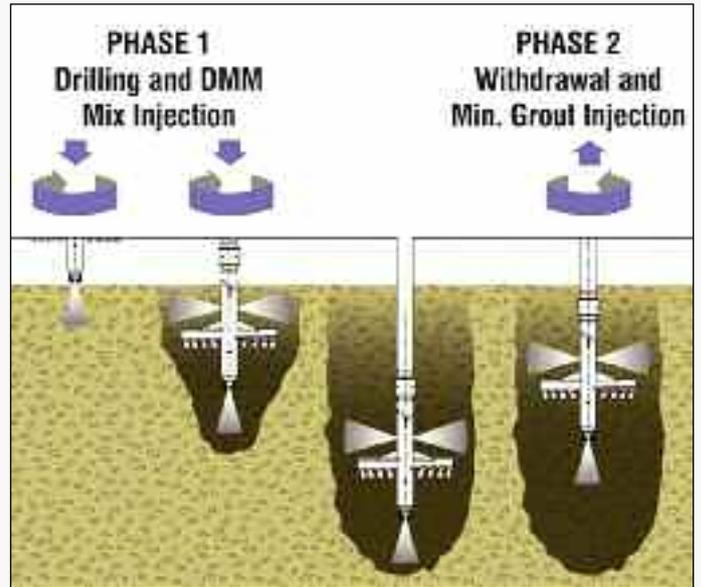


4. La US 331 nel tratto che attraversa la baia di Choctawhatchee



5. L'SR TTM durante la fase di spurgo del sistema di iniezione

Il progetto ha previsto colonne intersecanti per una copertura totale dell'area di progetto pari a circa il 95% della superficie, così da creare una vera e propria piattaforma supportata da colonne intestate in terreni competenti profondi. Così facendo si sono uniti i vantaggi del sistema di fondazioni indirette e quelli della platea, che in questo caso funge da appoggio per il solido stradale e garantisce la portanza necessaria a sostenere i carichi statici e dinamici generati dal traffico veicolare. Da un punto di vista statico, il sistema fa sì che le colonne più lunghe e profonde (DMM), capaci di una resistenza a compressione di 1.034,2 kNm², trasferiscano i carichi delle colonne del-



6. Lo schema delle fasi di lavoro del TTM

la piattaforma (SMM), verso gli strati più profondi dotati di una maggiore portanza; ciò è possibile in quanto le colonne della piattaforma (SMM) hanno una resistenza a compressione di 517,1 kNm². Il sistema adottato rende tra l'altro gli strati più superficiali resistenti all'erosione ad ulteriore garanzia di durabilità nel tempo. Le specifiche per le tolleranze di assestamento sono molto rigide e prevedono un massimo di 5 cm ogni 300 m. Per la verifica dell'entità degli assestamenti sono stati utilizzati due differenti metodi, uno preventivo all'inizio dei lavori e uno permanente. Quello preventivo è consistito nell'imporre carichi concentrati appoggiandoli su un campione che ripro-



7. La SR-90 in versione TTM (TreviTurboMix) ha due sistemi di iniezione e due aste mosse da due rotory capaci di una coppia di 179 kN



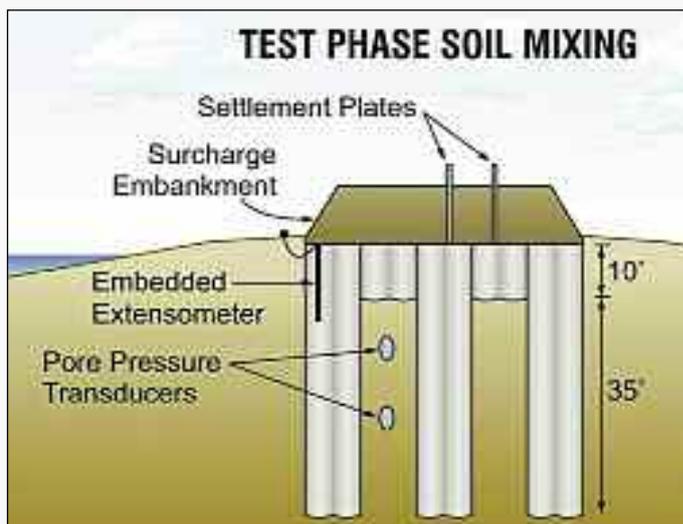
8. Lo schema del sistema di consolidamento adottato

duceva la più alta sezione di rilevato fra quelle che avrebbero ricoperto la piattaforma costituita dagli elementi più corti (SMM), una volta terminato l'intervento. Ciò ha infatti permesso di verificare se, e quanto, la piattaforma trasferisse i carichi agli elementi più lunghi e sottostanti.

I dati, raccolti per tre mesi (ma la raccolta continua per un'analisi di lungo periodo), hanno confermato che il trasferimento dei carichi imposti avveniva effettivamente così come previsto ed entro i valori indicati dal progetto.

Il sistema di monitoraggio permanente è invece consistito nella sistemazione ogni 300 m negli elementi più profondi (DMM) di estensimetri e di trasduttori capaci di misurare la pressione neutra (o interstiziale) dell'acqua, così che il Dipartimento dei Trasporti della Florida potesse monitorare costantemente, e nel tempo, il comportamento del sistema di fondazione su cui appoggia il rilevato stradale.

Il lavoro è realizzato da una macchina Soilmec SR-90 TTM che consentono di creare una doppia colonna generata dalla sovrapposizione dei due elementi (con uno schema assi-



9. Il metodo di test preventivo e di lunga durata

milabile a quello dei pali secanti). In alcune fasi di lavoro, una seconda macchina è poi impiegata contemporaneamente alla prima così da velocizzare e minimizzare l'impatto sul traffico. Per consentire la produzione di due colonne alla volta, l'SR-90 in versione TTM è dotata di due sistemi di iniezione e di due aste mosse da due rotary, capaci di una coppia di 179kN.

Le macchine sono inoltre equipaggiate con un sistema di controllo che regola la portata e la quantità del materiale iniettato proveniente dalla centrale di miscelazione. La SR-90 dispone inoltre del sistema DMS che permette di monitorare tutte le funzioni (velocità di rotazione degli utensili, coppia, profondità ecc.) e i principali organi meccanici e idraulici, assicurando altresì che tutti i parametri e le specifiche di progetto siano rispettate; il dispositivo DPS (Drilling Position System) assicura invece il corretto posizionamento delle colonne sui tre assi, a garanzia della loro verticalità.

A lavoro concluso le due SR-90 TTM avranno trattato 172.025 m³ di materiale. ■



10.