

worldwide leader in the foundation engineering field



REFERENZA TECNICA - TECHNICAL REFERENCE



SR83/ US 331 highway

Santa Rosa Beach (FL), USA

TreviTurboMix (TTM)
TreviTurboMix (TTM)



Ciente : F.L. Dept of Transportation
Owner :

Contrattista principale : SKANSKA - TREVIIICOS
Main Contractor :

Durata dei lavori : 2013 - 2016
Duration of works:

Introduzione

Treviicos, filiale americana di Trevi, ha completato in Florida, sulla strada US 331, un importante intervento di consolidamento con il metodo TreviTurboMix.

Treviicos, attraverso la sua sussidiaria Treviicos South (TIS), ha completato in Florida 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 chilometri (40 miglia) e copre 334 chilometri quadrati (129 miglia quadrate), fa parte della cosiddetta Emerald Coast, situata nel Nord Ovest dello stato. Pur attraversando la Florida per soli 79 chilometri (49 miglia), la US 331/SR 83 è di grande rilievo per quella zona (il cosiddetto panhandle) perchè 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

Introduction

Treviicos, the U.S. branch of Trevi, has completed an important road improvement project on Florida's U.S. 331 where the TreviTurboMix method was used.

Treviicos, through its subsidiary, Treviicos South (TIS), has completed in Florida an important road foundation improvement of U.S. Federal Highway 331 (Florida state road 83) in the section of road crossing Choctawhatchee Bay. The Bay extends about 65 km (40 miles), covering an area of 334 sq. km (129 square miles), and is part of the Emerald Coast region located on the Florida Panhandle in the northwestern part of the state. Although it runs for only 79 km (49 miles) in Florida, US 331/SR 83 is a key piece of road infrastructure in the Panhandle because it links with Route 98 heading south. Route 98 crosses a highly populated area noted as a tourist destination, whereas to the north it joins up with Interstate 10, a



importanza che collega l'Atlantico al Pacifico, seguendo la rotta più meridionale fra tutte quelle che tagliano gli Stati Uniti da Est ad Ovest. L'infrastruttura è però strategica soprattutto da un punto di vista del trasporto locale perchè, essendo appunto uno dei collegamenti con la costa, è soggetta ad un traffico commerciale e privato sempre intenso, e a volte eccessivo rispetto alle sue capacità pensate per i volumi degli anni cinquanta dello scorso secolo (fu inaugurata nel 1953).

La US 331, che nel tratto di 4,8 km (3,5 miglia) in cui attraversa la baia di Choctawhatchee ha solo due corsie, svolge poi un ruolo determinante anche dal punto di vista della mobilità di emergenza, perchè, 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 ed ottenuto il supporto finanziario del governo federale di Washington attraverso il programma Tiger II (Transport Investing Generating Economy Recovery).

major highway that connects the Atlantic to the Pacific, the southernmost of all coast-to-coast routes. This road is critical, especially for local transport, because it is one of the links to the Emerald Coast and handles an intense traffic of commercial and private vehicles, at times exceeding capacity, which was planned for traffic volumes of the 1950s when the road was opened.

US 331, which is only two lanes in the 6.4 km (4.6 mile) stretch crossing the Choctawhatchee Bay, also has an important function as an emergency route. In case of evacuation due to a hurricane alert, it is basically the only escape route from the Santa Rosa Beach area to points north. The area is densely populated especially during the high season, precisely the time of year when hurricanes and storms are more likely to develop. As a result, the Florida Department of Transportation included US 331/SR 83 on the priority list, and for this specific project it applied for and received financial support from the federal government in Washington through the Tiger II program (Transport Investing Generating Economy Recovery).

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 4,8 chilometri (3,5 miglia), ottenuta costruendo un nuovo ponte a Est di quello esistente di 2,4 miglia di lunghezza (Clyde B. Wells Bridge) 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-Brinckerhoff, che, oltre al progetto, gestisce

Two lanes to four

The upgrade project called for two new lanes to be added to the current 6.4 km (4.6 mile) span (causeway and bridge), including a new bridge east of the 3.7 km (2.3 mile) Clyde B. Wells Bridge. The expanded 4-lane causeway will take traffic to the bridges from both south and north sides. The expansion plan also includes that ground be prepared for a park and recreation area at the very end of the embankment on the south side. When works are completed, the new bridge and expanded causeway will be used for traffic directed north and the existing causeway and bridge for traffic headed south.

The design-build project was awarded to the joint venture of Skanska and Parsons-Brinckerhoff. The partners are directly overseeing construction of the new bridge and the four lanes of the causeway (excluding foundations), as well as all temporary works to ensure traffic flow during the work phases. Treviicos was subcontracted to perform stabilization of the foundations below the embankments



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, perchè questo aspetto cruciale dell'opera doveva essere gestito da un'impresa specializzata nell'ingegneria del sottosuolo. Treviicos è stata scelta proprio per via della notevole esperienza accumulata in tutti i tipi di interventi di consolidamento di fondazioni, sia in terreni soffici che densi e consistenti.

I rilevati della strada rialzata che porta al ponte, nel corso degli anni, 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.

since this crucial aspect of the project had to be managed by a specialized ground engineering contractor. Treviicos was selected specifically for its extensive experience with all types of soil improvements below foundations, both in loose/soft and dense/stiff soils.

Over the years, the causeway embankments had shown clear signs of settlement as a result of insufficient bearing capacity from the combined effect of increased traffic volumes and a poor quality of fill used at the time of the original construction in the late 1930s before the opening of the current U.S. 331 in 1953.

Geologia

TreviTurboMix, una soluzione vincente per il consolidamento dei terreni.

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 45 piedi (13,7 metri) 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 metri (200 piedi) 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

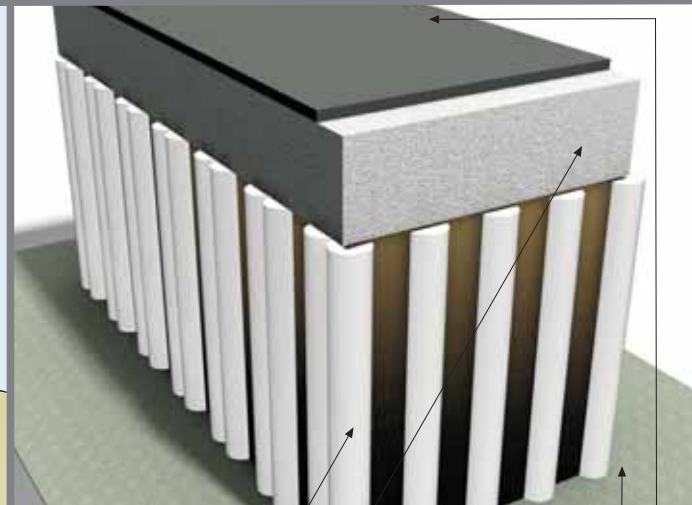
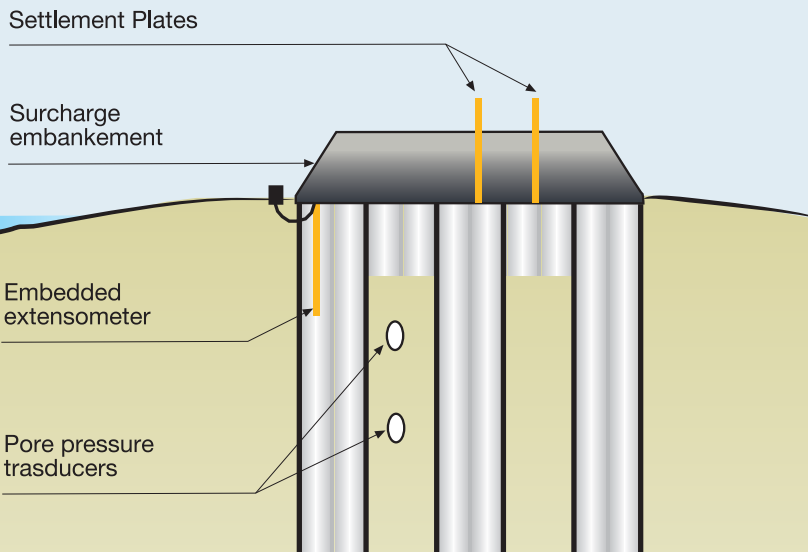
Geology

TreviTurboMix, an effective solution for soil stabilization.

Bearing capacity of the two causeways leading to the bridge from the north and south had been provided by a 13.7 meter (45 feet) thickness of consolidated sands, silty sands and clayey sands that had only been lightly loaded and offered a limited bearing capacity given that differential settlements visible on the surface had long been evident.

To verify if there were deeper bearing layers susceptible to high settlement potential, extensive bore samples were taken down to a depth of 61 meters (200 feet) with dynamic penetration (SPT) tests performed in the south and central embankments. The tests indicated that at a depth of approximately 12 m (40 feet) there were very loose to dense clean sands within intermixed layers of silty

Test Phase Soil Mixing



DMM Columns

Bearing layer

SMM Rigid platform

Asphalt & base layer

Deep Ground Improvement

12 metri (40 piedi) 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 metri (150 piedi); tuttavia, tra i 45,7 metri (150 piedi) e i 61 (200 piedi) 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 Parsons-Brinkerhoff e i tecnici di Treviicos ad elaborare una soluzione che garantisce quelle qualità di portanza e durabilità richieste dal committente, anche in presenza di un uragano di forza eccezionale ricorrente ogni 100 anni.

and clayey sands. No limestone layer was hit until 45.7 m (150 feet) down; however between 45.7 m (150 feet) and 61 m (200 feet) very dense sandy layers were encountered leading to "refusal" SPT-N values.

In the upper layers the surveys indicated weak clays and silt-sandy layers. Further surveys carried out as precautionary measures in the external (eastern) part of the central embankment yielded similar results, demonstrating that no well-defined bearing layer existed.

This geological situation led engineers at Skanska and Parsons-Brinkerhoff and Treviicos to devise a solution that would guarantee the bearing capacity and durability required by the principal, also in the event of a destructive hurricane occurring once every 100 years.

La soluzione Trevi

La soluzione è stata individuata nella creazione di colonne ottenute attraverso la **miscelazione superficiale SMM** (*Shallow Mixing Method*) e quella **profonda DMM** (*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 miscelazione del terreno tradizionale; **TreviTurboMix permette infatti di realizzare elementi consolidati in maniera veloce, 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 "di getti di miscela" ad elevata energia cinetica con la miscelazione meccanica risultante dall'azione delle lame posizionate

Trevi solution

The solution was to create columns using the *Shallow Mixing Method (SMM)* and *Deep Mixing Method (DMM)* techniques, both performed by Treviicos who employed the TreviTurboMix method. This particular type of soil mixing developed by Trevi and Soilmec (construction equipment division of Trevi Group) represents a step forward in soil mixing technology.

The TreviTurboMix method allows fast and cost-effective construction of columns in compliance with the strictest quality standards.

The system can be applied to a wide range of soil types, from cohesive with a soft consistency to loose and cohesionless with a medium consistency. TreviTurboMix technology includes a tool that combines the "jet" effect at a high kinetic energy with mechanical mixing due to the action of the blades, angled to achieve maximum effectiveness. This technology is considered a "wet system" since

FASE 1 / PHASE 1

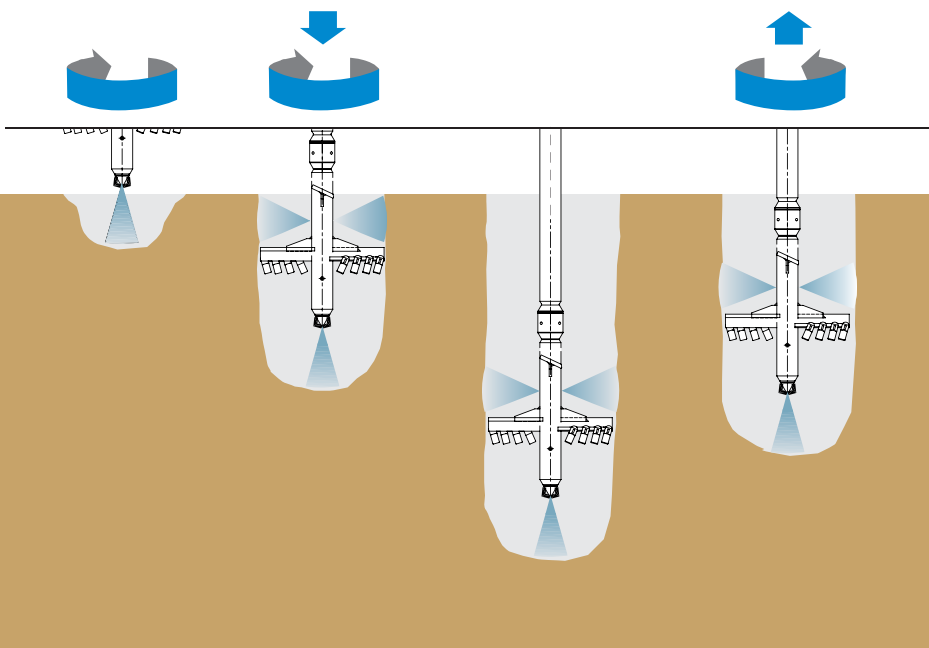
Perforazione e trattamento con apporto di miscela cementizia ad alta pressione

Drilling and treatment with high pressure grout injection

FASE 2 / PHASE 2

Risalita e trattamento con apporto di miscela cementizia ad alta pressione

Uplifting and treatment with high pressure grout injection



in modo ottimale.

Questa tecnologia è considerata "umida" in quanto il legante, costituito da una boiaccia, è iniettato attraverso degli ugelli posizionati nell'utensile (vedi schema). L'iniezione avviene in generale solamente durante la fase di perforazione degli utensili, mentre la miscelazione avviene sia in fase di discesa, che in fase di salita.

Uno dei più importanti vantaggi del metodo TreviTurboMix è che le caratteristiche geometriche delle colonne non dipendono dalla natura del terreno, come nel sistema Jet-grouting, 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 immesso nel terreno già durante la perforazione, come miscela 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,

the binder, a fluid grout, is injected through outlets in the blades (see diagram). Injection takes place generally only when the tool is in its down-stroke phase, whereas mixing is carried out both during the down-stroke and up-stroke.

One of the most important advantages of the TreviTurboMix method is that the geometric characteristics of the columns do not depend on soil characteristics as with jet-grouting method, but remain constant for the whole length, providing quality and durability.

With the TreviTurboMix system the stabilizing agent is inserted into the ground during drilling as a mix of water/cement to which additives can be included should the design mix require it.

Treviicos and Trevi have successfully completed dozens of projects in North America and around the globe using this technology. In the U.S. TreviTurboMix was used to reinforce the LPV 111 levee in New Orleans, the largest project of this kind ever undertaken in the U.S., and among the most important ever performed in the

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. E' infatti stato adottato uno schema di miscelazione del terreno che assicura portanza attraverso circa 1.500 doppie colonne lunghe 45 piedi, cioè 13,70 metri, di diametro 1.75 metri (5.75 piedi) e altre 8.400 doppie colonne di lunghezza 10 piedi (3,04 metri). 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

world.

SMM and DMM to ensure quality and durability

After examining the SPT results, engineers came to a solution based on a soil mixing design that would assure bearing capacity by creating 1,500 double columns with a length of 13.7 m (45 feet) and a diameter of 1.75 m (5.75 ft), that reach the bearing layer and another 8,400 double columns with a length of 3.04 m (10 feet) arranged in a tight "mesh" to create a supporting platform covering around 95% of the causeway surface.

Adopting this technique permitted both the advantages of a deep foundation and a shallow foundation, which in the latter case acts as a support for the roadway and guarantees the bearing capacity required to support the static and dynamic loads generated by vehicle traffic. In terms of stabilization, the system allows the longer and deeper columns (DMM), with a compressive strength of $1034.2 \text{ KNm} \leq (150 \text{ psi})$, to transfer the loads of the platform columns



di vista statico il sistema fa sì che le colonne più lunghe e profonde (DMM), capaci di una resistenza a compressione di $1034,2 \text{ KNm} \leq (150 \text{ psi})$ trasferiscano i carichi delle colonne della piattaforma (SMM), verso gli strati più profondi dotati di una maggiore portanza. Ciò è possibile in quanto le colonne della piattaforma (SMM), che richiedono una quantità di cemento inferiore, hanno una resistenza a compressione di $517,1 \text{ KNm} \leq (75 \text{ psi})$. 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 centimetri ogni 300 metri (2 pollici ogni 1000 piedi).

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 riproduceva 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

(SSM) towards the deeper layers, which have a greater bearing capacity.

This is achievable because the columns of the platform (SSM) have a compressive strength of $517.1 \text{ KNm} \leq (75 \text{ psi})$. The system also makes the more superficial layers resistant to erosion, a further guarantee of long-term durability.

The specifications for settlement tolerances were stringent and allowed a maximum of 5 cm for every 300 m (2 inches for every 1000 feet). To monitor the degree of settlement two different methods were used, one preliminary in the early stage of the project, and one permanent. The preliminary method consisted in setting concentrated loads on a sample that reproduced the highest embankment section of those that would cover the platform composed of the shorter columns (SSM) once the project is finished. This made it possible to verify if, and to what extent, the platform would transfer the loads to the longer elements below. Data were collected for three months (and continue to be collected for a long-term analysis) and confirmed that the transfer of the

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.

Attrezzature e controlli

Il sistema di monitoraggio permanente è invece consistito nella sistemazione ogni 300 metri (*1000 piedi*) 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 possa monitorare costantemente, e nel tempo, il comportamento del sistema di fondazione su cui appoggia il rilevato stradale.

Il lavoro è realizzato da due macchine **Soilmec SR-90 TTM** (*TreviTurboMix*) che consentono di creare una doppia colonna

loads took place as expected and within the indicated project values.

Equipment and Controls

By contrast, the permanent monitoring system consists in positioning, every 300 m (1000 feet) in the deeper elements, extensometers and transducers (DMM) for measuring pore water pressure, so that the Florida DOT can constantly (and over an extended time) monitor the behavior of the foundation system on which the road embankment rests.

*The project was completed by a **Soilmec SR-90 TTM** (*TreviTurboMix*) drilling rig that can produce a double column by*



generata dalla sovrapposizione dei due elementi (*con uno schema assimilabile a quello dei pali secanti*).

Per consentire la produzione di due colonne alla volta l'**SR-90 in versione TTM** (*TreviTurboMix*) è dotata di due sistemi di iniezione e di due aste mosse da due rotari, capaci di una coppia di 179 kN.

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.

A lavoro concluso le due SR-90 TTM hanno trattato 172.025 metri cubi di terreno (225.000 yarde cubiche).

*overlapping two elements (similar to the layout of secant piles). During some phases, a second machine has been used together with the first to speed up work and minimize the impact on traffic. To allow production of two columns at a time, **the SR-90 in the TTM** (*TreviTurboMix*) version is fitted with two injection systems and two shafts driven by two rotary heads delivering a torque of 179 kN.*

The machines are also equipped with a control system that regulates the flow and quantity of injected material pumped from the mixing plant. The SR-90 also features the DMS system (Drilling Mate System), which enables monitoring of all functions (blade rotation speed, torque, depth, etc.) and the principal mechanical and hydraulic components of the machine, assuring compliance with all parameters and project specifications. The DPS System (Drilling Position System) ensures correct positioning of the columns.

Upon conclusion, the two SR-90 TTM rigs have treated 172,025 cubic meters (225,000 cubic yards) of material.



5819, via Dismano - 47522 **Cesena** (FC) - Italy
Tel. +39.0547.319311 - Fax +39.0547.318542
e-mail: intdept@trevispa.com
www.trevispa.com



38 Third Avenue, 3rd Floor
Boston National Historic Park
Charlestown, MA 02129
Phone 617-241-4800 - Fax 617-241-4801
info@treviicos.com - www.treviicos.com