

worldwide leader in the foundation engineering field



REFERENZA TECNICA - TECHNICAL REFERENCE



East back levee LPV I I I .0 I

**Ampliamento degli argini orientali di New Orleans
New Orleans East Back levee enlargement**

New Orleans, USA



**Miscelaz. Meccanica
Soil Mixing**

Cliente :
Owner :

US Army Corp of Engineers - New Orleans

Contrattista principale :
Main Contractor :

Consorzio Alberici - Archer Western - TREVII COS
(Final engineering: SI-Sviluppo Italia Engineering)

Durata dei lavori :
Duration of works:

2009 - 2011

Introduzione

TREVIICOS, filiale americana di Trevi Group, è impegnata a New Orleans nel più grande lavoro di miscelazione profonda mai realizzato negli Stati Uniti.

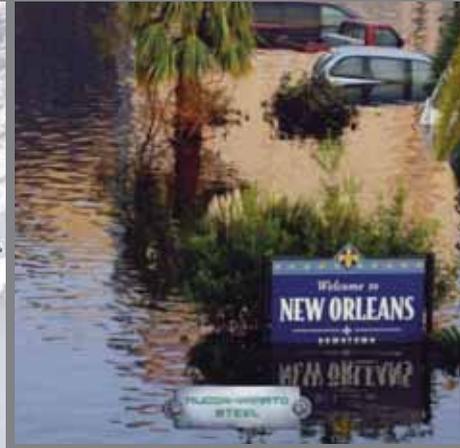
L'uragano Katrina, che si è abbattuto sulle coste della Louisiana, a partire dal primo mattino del 29 agosto 2005, ha avuto conseguenze tragiche, e per certi versi irreversibili, sulla città di New Orleans (800.000 mila fra evacuati e sfollati, 1482 morti e oltre 91 miliardi di dollari di danni). Contrariamente a quanto spesso indicato dai media, in realtà la devastazione non è stata interamente provocata dalla natura (anche se ad oggi Katrina rimane uno dei cinque uragani con maggior potenza mai registrati negli Stati Uniti), ma piuttosto dalla mancanza di tenuta del sistema di dighe, canali e argini costruiti a protezione di tutta l'area di New Orleans nel corso

Introduction

The subsidiary U.S. company of Trevi Group TREVIICOS has been working in New Orleans to complete the largest deep soil mixing project in the U.S.

On August 29th 2005, Hurricane Katrina hit the Louisiana coast with dramatic and, in some way, irreversible consequences for the city of New Orleans (800,000 people evacuated or displaced, 1,482 dead and over 91 billion dollars of damage). Unlike what we have been told by the media, such devastation was not caused by nature alone (although Katrina stills remains one of the five most powerful hurricanes ever recorded in the USA), but rather by the failure of the system of dams, canals and embankments built over decades to protect the area of New Orleans.

Area generale di intervento/General intervention area



Valone di Mezzanotte - Lato monte /Uphill side

dei decenni. A causa dell'eccezionale intensità dell'uragano, le varie strutture hanno infatti ceduto in ben cinquantatre punti, creando le condizioni per l'allagamento dell'ottanta per cento dell'area metropolitana.

Dopo i primi interventi di emergenza, l'Army Corps of Engineers del distretto di New Orleans, attraverso un'unità speciale (New Orleans Hurricane Protection Office), ha messo a punto un piano (New Orleans Hurricane Protection System) articolato in un'ampia serie d'interventi. Il piano è mirato a migliorare il sistema di protezione a difesa della città ed armonizzare e rendere più efficaci tutte le infrastrutture oggetto di interventi di manutenzione, riparazione e ricostruzione.

Nel quadro generale dei lavori, particolare rilievo occupa l'argine LPV 111 situato a New Orleans East. L'opera si estende per 8,5 chilometri (5,3 miglia) tra il canale GIWW (Gulf Intracoastal Water Way) e lo scalo ferroviario CSX, correndo parallela ad una zona paludosa del lago Borgne, attraversato il quale si accede al mare aperto del Golfo del Messico. **L'argine LPV 111 ha subito ingenti danni durante l'uragano Katrina, che ha portato alla sua rottura in più punti.**

Due to its exceptional intensity, the structures broke in up to fifty-three places, and 80% of the metropolitan area was flooded.

After the first emergency interventions, the Army Corps of Engineers of the New Orleans District, through the New Orleans Hurricane Protection Office, designed a special plan entailing a number of interventions: the New Orleans Hurricane Protection System.

The plan is intended to improve the city protection and defence system, as well as harmonise and increase the effectiveness of the infrastructure undergoing maintenance, repair or reconstruction.

In the overall works plan, especially important is the LPV 111 New Orleans East Back Levee. Reach LPV 111 is a levee extending approximately 8.5 km (5.3 miles) between the Gulf Intracoastal Waterway and the CSX Railroad Crossing, parallel to a marshy area of Lake Borgne, beyond which you get into the open water of the Gulf of Mexico. **LPV 111 was seriously damaged by Hurricane Katrina and broke in many places.**

Il progetto

Il vasto sistema di argini che si estendeva intorno all'area di New Orleans prima di Katrina era caratterizzato da strutture molto eterogenee, in quanto a tecniche costruttive, consistenza e qualità dei materiali impiegati. Come tutti i progetti e le opere già assegnate dall'Army Corps of Engineers, anche l'adeguamento dell'argine LPV 111 è dunque mirato a creare nuovi standard qualitativi e ad armonizzare la capacità di risposta ad eventi atmosferici di eccezionale gravità. Durante i lavori di emergenza susseguiti all'impatto dell'uragano, l'argine è stato riportato all'altezza originaria di 5,91 metri (19,5 piedi), ma il nuovo progetto ha previsto un incremento dell'altezza (compresa tra gli 8,5 e 9,6 metri cioè 28,1 e 31,5 piedi) e, soprattutto, un sistema di rinforzo strutturale, attraverso la creazione di contrafforti perpendicolari rispetto all'asse dell'opera.

Prima di stendere il materiale (argille) necessario per il raggiungimento

The project

Before Hurricane Katrina, the wide embankment system around the area of New Orleans was very heterogeneous in terms of construction techniques, firmness and the quality of materials used. As it is the case for all the projects assigned to the Army Corps of Engineers, also LPV 111 improvement is intended to set new quality standards and harmonise the response to exceptionally serious atmospheric events. During the emergency works carried out right after the hurricane, the original height of the levee was restored - 5.91 metres (19.5 feet). However the new project was aimed at further raising the height between 8.5 and 9.6 metres – 28.1 and 31.5 feet – and also at structural strengthening, by means of the construction of shear walls perpendicular to the alignment of the levee.

Geotextile placement was envisaged before placing the material (clays) needed to reach the new height, to prevent any movement between new



delle nuove quote, sarà posato del geotessile, al fine di evitare scorrimenti fra i volumi riportati e quelli esistenti.

L'US Army Corps of Engineers, che è committente dell'opera attraverso l'Hurricane Protection Office di New Orleans, ha messo a punto un appalto con modalità ECI (Early Contractor Involvement). Appalti di questo tipo implicano il coinvolgimento dell'appaltatore nelle fasi di elaborazione del progetto definitivo, sollecitando l'identificazione di soluzioni che, pur seguendo le impostazioni generali indicate dal committente, siano in grado di migliorarle. Come tutti i più importanti contratti assegnati dal Corps, i criteri di assegnazione hanno inoltre considerato le soluzioni proposte, l'esperienza degli appaltatori, il livello di sicurezza adottato e il numero d'incidenti registrati nella storia dell'impresa, nonché la qualità, quantità ed adeguatezza del parco mezzi impiegato. Il prezzo è dunque l'ultimo fattore, in ordine d'importanza, preso a parametro ai fini dell'assegnazione.

La combinazione di questi diversi, più completi (ma anche più stringenti) criteri di valutazione degli appaltatori, unitamente all'applicazione della modalità **ECI** (Early Contractor Involvement), ha peraltro dimostrato di

and existing volumes.

The Client - US Army Corps of Engineers -, through the Hurricane Protection Office of New Orleans, decided to award an Early Contractor Involvement (ECI) contract. In this type of contract, the contractor takes part in the final engineering and identifies solutions in line with the client's general directions, but improving them. As it is always the case for contracts awarded by the US Army Corps of Engineers, the evaluation was based on criteria including proposed solutions, contractor experience, implemented safety level and the number of accidents in the history of the company, as well as the quality, quantity and suitability of the equipment to be used. Price is the last factor, in order of importance, for contract awarding.

The said varied and more comprehensive (and stricter) evaluation criteria of contractors, combined with the implementation of the ECI (Early Contractor Involvement) led to higher quality results and considerable savings in overall costs of works (a very good example is the consolidation and upgrade work carried by Trevicos at the Tuttle Creek dam in Kansas to comply with seismic standards).

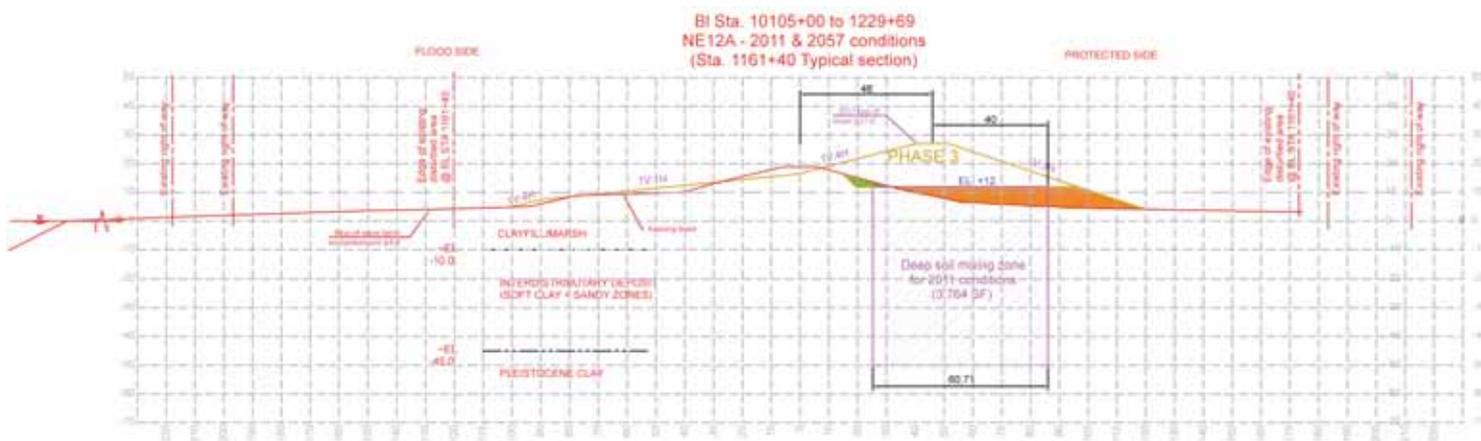
portare a migliori risultati sul piano qualitativo, così come a consistenti risparmi nei costi generali delle opere (un ottimo esempio è rappresentato dal lavoro di consolidamento e adeguamento antisismico realizzato proprio da Treviicos presso la diga di Tuttle Creek in Kansas).

Seguendo questa articolata modalità di assegnazione, **l'opera è stata affidata al consorzio Alberici, Archer Western (35% e 35%) in alleanza con Treviicos (30%), filiale americana di Trevi Group.** Ad Archer Western e Alberici è stato assegnato il compito di preparare la viabilità necessaria allo spostamento dei mezzi lungo l'enorme zona accantierata, di reperire e selezionare il materiale necessario per innalzare l'argine alle quote di progetto, di provvedere alla sua stesa e compattazione, così come alla realizzazione di tutte le opere in calcestruzzo. **Treviicos è invece responsabile dell'aspetto più propriamente geotecnico dell'opera, e deve quindi realizzare i contrafforti necessari al rinforzo strutturale, mediante la miscelazione profonda del terreno.**

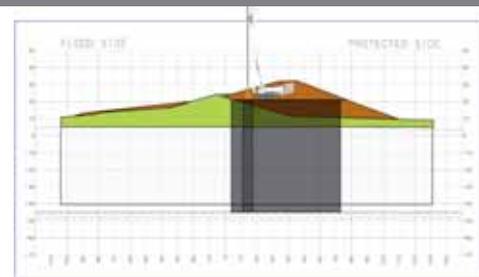
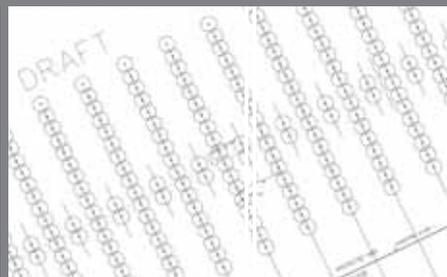
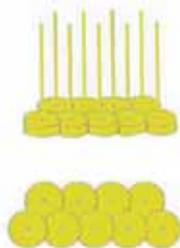
Based on such a complex awarding method, **the works were awarded to Archer Western/Alberici JV (35% - 35%) in alliance with Treviicos (30%), the subsidiary U.S. company of Trevi Group.** Archer Western and Alberici were entrusted with the following tasks: preparing the roads for the equipment and machines to move inside the huge jobsite area, finding and selecting the material needed to raise the levee to the height set in the project, placing and strengthening the clay embankment, realizing concrete works. **Treviicos was charged with the geotechnical aspects of the project, that is constructing shear walls for foundation strengthening by means of deep mixing methodology.** Given the size of the project and short delivery time (the project had to be completed in all its parts by June 2011), Treviicos subcontracted part of the work to Fudo of Japan, which successfully carried out similar interventions in Asian countries. The deep soil mixing technique of LPV 111 covering more than 1.3 million cubic meters of soil makes it one of the largest deep soil mixing projects in the US, if not in the world.

Schema 1 / Scheme 1

SEZIONE DI PROGETTO SCHEMATICO / SHORT PROJECT SECTION



SCHEMA / SCHEME



Vista l'entità del lavoro e i ristretti tempi di consegna (*l'intervento deve essere completato in tutte le sue parti entro giugno 2011*), Treviicos ha subappaltato parte del lavoro all'impresa giapponese Fudo, che in passato si è distinta per interventi simili in vari paesi asiatici.

Con oltre 1.300.000 metri cubi di materiale trattato, la miscelazione profonda del terreno dell'argine LPV 111 risulterà la più grande ed importante mai realizzata negli Stati Uniti, e probabilmente al mondo.

L'intervento

La miscelazione profonda del terreno

La creazione di contrafforti ottenuti con la miscelazione profonda del terreno mira a creare una continuità strutturale lungo tutto lo sviluppo dell'argine, così da evitare cedimenti anche in caso di fenomeni che comportano un innalzamento delle acque capace di sommergerlo completamente (*surf surge*). L'opera così realizzata deve avere caratteristiche che le permettano



di resistere ad eventi atmosferici eccezionali, anche catastrofici, per i prossimi 100 anni. Questo dato non si riferisce tanto alla durabilità in senso assoluto, ma piuttosto al tempo stimato per il ripresentarsi di uragani della dimensione e della forza di Katrina.

Dall'estesa campagna di sondaggi effettuati prima dell'inizio dei lavori è risultato che l'argine LPV 111 è caratterizzato da una stratigrafia che comprende (dall'alto verso il basso): **terra di riporto (FILL)**, **argilla plastica (FAT CLAY)**, **sabbia (SAND)**, **limo (SILT)** e **torba (PEAT)**.

Vista la composizione del terreno e le sollecitazioni cui l'argine potrebbe essere sottoposto durante eventi atmosferici particolarmente intensi, la miscelazione profonda delle terre è risultata il miglior sistema per realizzare i contrafforti. Questa tecnica permette infatti la creazione di colonne di materiale consolidato che hanno caratteristiche strutturali con alti valori di resistenza a sforzi di compressione e di taglio. Nel caso dell'argine LPV 111, gli elementi che formano il contrafforte sono composti da due colonne

The intervention

Deep soil mixing

The construction of shear walls by deep soil mixing was aimed at strengthening the levee foundation to prevent any collapse even in case of events which may raise the water level and flood it (surf surge). The structure has to resist exceptionally strong events, even catastrophic ones, for the next 100 years. This estimation does not refer to absolute durability, but rather to the estimated time for a hurricane of the same size and intensity of Katrina to occur again.

Extensive soil investigations were carried out prior to the start of works and identified the following stratification of LPV 111 (from top to bottom): fill, fat clay, sand, silt and peat. Given the soil composition and the stresses the levee may be subjected to in the event of intense atmospheric events, deep soil mixing was selected as the best technology for the construction of shear walls. Indeed it allows to construct consolidated soil columns characterized by high resistance to compression and shear stresses.



sovrapposte realizzate con **perforatrici rotary Soilmec SR-90**, dotate di due speciali attrezzi elicoidali che provvedono alla frantumazione meccanica del terreno durante la perforazione e alla sua miscelazione con legante mediante l'iniezione di una miscela cementizia. Viste le notevoli dimensioni degli elementi (**1600 mm sovrapposte per 200 mm**, così da avere una **larghezza totale di 3000 mm** con 1,5 metri cubi di miscela iniettati per ogni metro lineare), le macchine devono garantire una notevole potenza, e giocano dunque ruolo chiave in termini qualitativi e di produzione. Le perforatrici devono inoltre garantire il controllo geometrico dei vari elementi che, stando alle specifiche di capitolato, non possono deviare per più dell'0,8% sugli assi x e y, rispetto alla loro lunghezza. Ogni elemento è realizzato iniettando 1,5 metri cubi di miscela per ogni metro lineare di terreno.

Gli studi sulla composizione del terreno hanno inoltre determinato che il mix impiegato per la miscelazione deve essere composto dal 25% di cemento Portland (peraltro fornito da un impianto di cementi Buzzi che si

*For the Reach LPV 111, the shear wall consists of two overlapped elements drilled using **Soilmec SR-90 rotary drill rigs**, fitted with two augers that mechanically break up the soil during drilling and inject it with a grout mix. Considering the impressive size of columns - **1600 mm with 200 mm overlapping, for a total width of 3000 mm and 1.5 cubic meters of grout injected per linear meter** -, rigs had to ensure high power and played a crucial role in terms of quality and output. Moreover the rigs had to guarantee the geometrical control of the elements as - according to the contract specifications - column deviation could not exceed 0.8% on X and Y-axes, with respect to their length. For every element, 1.5 cubic meters of grout per linear meter was injected.*

On the basis of soil investigations, it was also decided to use a mix made of Portland cement (25%) – supplied by a Buzzi cement plant nearby – and blast furnace slag (75%) with 1:25 water/cement ratio. According to contract specifications, the elements had to have a 120-psi strength (827.37 kilopascal), after curing.

trova nelle vicinanze del cantiere) e dal 75% di loppa di alto forno, con un rapporto acqua/cemento pari a 1:25. Secondo le specifiche di capitolato, a maturazione avvenuta, gli elementi così realizzati devono fornire una resistenza pari a 120 psi (827,37 kilopascal). La miscela è creata in centrali di betonaggio, che operano in situ e che sono dotate di speciali miscelatori messi a punto da Trevi. Una volta miscelato, il legante è inviato attraverso due sistemi di tubazioni separate alle macchine (*una per ogni attrezzatura elicoidale di perforazione*), grazie a due pompe Soilmec ad alta pressione. Nell'arco delle ventiquattro ore di lavoro, ogni centrale di betonaggio garantisce la produzione di 6 elementi, ciascuno composto mediamente da 900 metri cubi di materiale miscelato. Come già sottolineato, ciascun elemento è realizzato sovrapponendo per 20 centimetri una coppia di colonne di terreno consolidato, così da creare un **sistema monolitico di 3,00 larghezza con una lunghezza compresa tra i 20 e 55 piedi**, a secondo delle zone. **Gli elementi sono quindi tra loro sovrapposti per**

Batching plants working on the job were used for the preparation of the mix, using special mixers designed by Trevi.

Once mixed, the binder was pumped to the rigs through two separate pipe systems (one for each auger) by means of Soilmec HP pumps. Within the span of 24 working hours, every batching plant ensured the production of 6 elements, each one consisting of 900 cubic meters of mixed material on average.

*As previously said, each element is made up of a pair of soil consolidated columns with 20 cm overlapping, in order to create a **monolith system of 3 of width and 20 to 55 feet of length, depending on the area**. With 30 cm overlapping, the elements are constructed using the standard scheme of mixing primary elements followed by secondary ones.*

The temporary batching plants were located at max 500 m from the rigs and were moved every time a sector was completed.

Shear walls were placed at a distance of 7.75 metres (15.5 feet) from one



30 centimetri, e realizzati in accordo con il tipico schema che vede la miscelazione di quelli primari e quindi di quelli secondari. Le centrali di betonaggio si trovano piazzate ad un raggio massimo di 500 metri dalle macchine, e vengono spostate ogni qual volta un determinato settore viene completato. Ogni contrafforte si trova ad una distanza di 7,75 metri (15,5 piedi) da quello successivo, e fra due contrafforti è stato previsto un singolo elemento con caratteristiche simili a quelli che formano i contrafforti stessi.

Questo elemento centrale non ha valore strutturale, ma serve per il monitoraggio necessario a verificare strumentalmente eventuali spinte, spostamenti o disassamenti di quella particolare sezione dell'argine. A secondo della loro posizione, gli oltre 1500 contrafforti sono composti da un numero compreso tra i nove e i ventisette elementi, anche se in alcuni punti e per la particolare conformazione dell'argine stesso, alcuni contrafforti sono formati da solo cinque elementi.

In accordo con la modalità **ECI** (Early Contractor Involvement), Treviicos ha dato un importante contributo nelle fasi di affinamento del progetto, che

another; one single element similar to the ones the walls consist of was positioned in between them.

The central element has no structural function, but rather a settlement control function: it allows to control any thrust, movement or misalignment in that section of the embankment. Depending on the position, the more than 1,500 shear walls consist of 9 up to 27 elements; nonetheless, in some areas, they are made up of 5 elements only due to the special configuration of the embankment.

In compliance with the ECI (Early Contractor Involvement) method, Treviicos gave an important contribution during project engineering, to satisfy three needs: strengthening the levee, by mixing at least 30% of the total volume with mixed soil, raising it without enlarging the base of the trapezoidal section, allowing unavoidable water seepage (although limited by the presence of fat clay in the upper layers).

A seamless structure, parallel to the levee axis, would have indeed created a barrier, resulting in increased stresses caused by water seepage accumulation over time.

risponde ad una triplice esigenza: rinforza l'argine, provvedendo alla miscelazione di almeno il 30% del volume totale presente con terreno miscelato, consente di innalzarlo senza aumentare la base della sezione trapezoidale che lo caratterizza, permette il passaggio delle inevitabili infiltrazioni di acqua (*anche se limitate dalla presenza di argille plastiche degli strati superiori*). Una struttura continua e parallela all'asse dell'argine avrebbe infatti creato una barriera che avrebbe aumentato le sollecitazioni generate dall'accumulo delle infiltrazioni d'acqua nel tempo.

La logistica e le attrezzature

Vista l'estensione del cantiere e i tempi di consegna dell'opera, **Treviicos utilizzerà otto macchine e sette impianti di betonaggio ed oltre centocinquanta addetti**. La contemporaneità delle diverse lavorazioni (*miscelazione e innalzamento dell'argine mano mano che i vari contrafforti sono ultimati*) rende la logistica del sito particolarmente complessa. Esiste

Logistics and equipment

*Given the impressive size of the jobsite and short delivery times, **Treviicos used eight rigs and seven batching plants**, and the work of more than 150 people.*

The site logistics was especially challenging because of the need to perform many activities at a time (mixing and levee raising as soon as the shear walls were completed). There was indeed only one 6m-wide (20 feet) road built on the earth embankment available to more than 120 vehicles that every day brought the clay needed to raise the levee, and to any auxiliary vehicles transporting staff, equipment and materials.

The work being carried out twenty-four hours, six days a week, special attention was paid to safety by implementing a very detailed safety plan. As already mentioned, Soilmec rigs were crucial: SR-90 rigs ensure high production capacity and quality levels. The rigs used were in TTTJ version (Twin turbo jet) and fitted with an auxiliary unit to drill two mixed soil columns

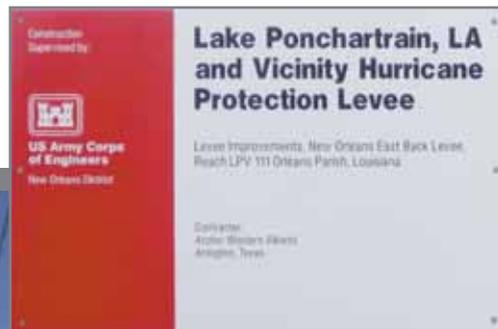


infatti una sola viabilità ricavata nel rilevato e larga poco più di 6 metri (*20 piedi*) disponibile per gli oltre 120 mezzi d'opera che ogni giorno trasportano l'argilla necessaria all'innalzamento dell'argine, e per tutti gli altri veicoli di servizio che trasportano uomini, attrezzature e materiali. Il lavoro è inoltre organizzato su ventiquattro ore per sei giorni alla settimana e richiede particolare attenzione per quanto concerne la sicurezza, che è assicurata da un vasto piano che scende nel dettaglio di tutte le operazioni.

Come già sottolineato le attrezzature Soilmec svolgono un ruolo fondamentale per il lavoro: le **perforatrici SR-90** sono infatti macchine capaci di garantire alti livelli produttivi e qualitativi. Le macchine sono state **allestite nella versione TTTJ (Twin turbo jet)** e dotate di un'unità ausiliare per consentire la realizzazione di due colonne di terreno miscelato alla volta. Le SR-90 in versione TTTJ sono dunque dotate di due aste e di due attrezzi di perforazione ed iniezione, azionati da due rotary RD 330 che garantiscono una coppia (*momento torcente*) di 333 kNm. Le SR-90 sono inoltre equipaggiate con

*at a time. The SR-90 rigs in TTTJ versions feature two rods and two drilling and grouting tools operated by two RD 330 rotary drives, which ensure a 333 kNm torque. They also feature a pump control system to check for operation in terms of flow rate and amount of material pumped to the tools. Furthermore **SR-90 rigs ensure the proper positioning of the columns, thanks to the DMS (Drilling Mate System) that monitors all machine main functions, as well as any axial deviation from the set parameters by means of the DPS (Drilling Positioning System). The latter was critical to ensure the quality of the elements and the consistency of the same to the contract specifications.***





un sistema di controllo sulle pompe che permette di verificarne l'effettivo funzionamento in termini di portata e quantità di materiale che affluisce agli attrezzi. Ma le **SR-90** assicurano anche il **corretto posizionamento delle colonne grazie al sistema DMS (Drilling Mate System)** che oltre ad offrire il **completo monitoraggio su tutte le funzioni vitali della macchina**, permette altresì di **controllare l'eventuale deviazione assiale** rispetto ai parametri impostati grazie alla funzione **DPS (Drilling Positioning System)**. Quest' ultimo dispositivo è di fondamentale importanza per garantire la qualità degli elementi e la loro coerenza con i parametri espressi dal capitolato.



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