

worldwide leader in the foundation engineering field

TREVI FOUNDATIONS
KUWAIT CO. WLL
شركة تريفيي الكويت للأساسات ذ.م.م

REFERENZA TECNICA - TECHNICAL REFERENCE

Sheikh Jaber Al-Ahmad Al-Sabah Causeway Project

Kuwait City, Kuwait



**Pali trivellati
Bored Piles**

Cliente :
Owner:

MINISTRY OF PUBLIC WORKS, ROAD ADMINISTRATION, KUWAIT

Contrattista principale :
Main Contractor :

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION Co.

Durata dei lavori :
Duration of work :

2013 - 2018

Introduzione

La **Trevi Foundations Kuwait** è impegnata a Kuwait City nella costruzione dell'attraversamento Sheikh Jaber Al-Ahmad Al-Sabah, dal nome dell'ultimo Emiro del Kuwait.

Il progetto, per un importo di circa 3,7 miliardi di dollari americani, prevede la costruzione di una **sopraelevata di 37 km che attraversa la Baia del Kuwait e collega il Porto di Shuwaikh alla località di Subiya**, dove è previsto un secondo progetto, del valore di circa 77 miliardi di dollari americani, per la costruzione di Silk City, un porto franco, lungo l'antica "via della seta", che collegherà idealmente il Medio Oriente all'Europa.

Silk City, al confine con l'Iraq, sarà una città di circa 700.000 abitanti, dove tra l'altro è prevista la costruzione della torre più alta al mondo. Sempre in prossimità della nuova città, sull'isola di Bubyon, è in fase

Introduction

Trevi Foundations Kuwait is involved in the construction of the Sheikh Jaber Al-Ahmad Al-Sabah causeway in Kuwait City, named after the late Emir of Kuwait.

The project, worth around 3.7 billion US dollars, involves building a **37 km-long causeway across the Bay of Kuwait, linking the Port of Shuwaikh with the town of Subiya** where another project is in the pipeline. This second project, worth about 77 billion US dollars, is the construction of Silk City, a free port located along the ancient "Silk Road" which developers hope will link the Middle East with Europe.

Silk City, on the border with Iraq, will be home to around 700,000 inhabitants and the world's highest tower.

Again, in the vicinity of the new city, a port for container ships is



Tracciato della nuova sopraelevata attraverso la baia di Kuwait / The layout of the new causeway across the Bay of Kuwait

di completamento, per altri svariati miliardi di dollari, un porto per navi containers. Il progetto prevede, oltre alla **sopraelevata di 37 km** che attraversa la baia, **un ponte principale con campata da 200 m**, una **strada sopraelevata e 5 km di strade di accesso** all'area di Subiya. Del progetto faranno parte integrante **due isole artificiali**, di 30 ettari circa, destinate alle strutture di manutenzione della sopraelevata, nelle quali saranno previsti, oltre a punti di sosta e rifornimento, anche due piccoli porti turistici.

Obiettivi primari del progetto sono:

- la riduzione a meno di 30 minuti del tempo di attraversamento della baia, che oggi è pari a circa 90 minuti percorrendo la strada litoranea.
- la creazione di nuovi percorsi autostradali per facilitare lo sviluppo pianificato a nord di Kuwait City.
- una maggiore integrazione fra le regioni settentrionali del paese e quelle centrali e meridionali densamente popolate.
- la riduzione della congestione del traffico nelle arterie circostanti.

nearing completion on Bubiyan Island, another project worth several billion dollars. In addition to the **37 km-long causeway** across the bay, the project also includes a **main bridge with a 200-metre span**, an **elevated road and 5 km of access roads** to the Subiya area. The project will also see the construction of **two artificial islands**, each around 30 hectares, which will house maintenance buildings, as well as resting and refuelling areas and two small harbours for pleasure boats.

The main objectives of the project are:

- to cut journey time across the bay to less than 30 minutes (today it takes around 90 minutes to cross the bay, following the coast road);
- to create new motorway routes to enhance the development planned to the north of Kuwait City;
- to encourage greater integration between the northern areas of the country and the central and southern districts which are densely populated;
- to reduce traffic congestion in the surrounding major roads.

La Combined Group Contracting Company (CGCC), una società kuwaitiana attiva come contraffattista per la posa di pipe-lines nel settore Oil & Gas ed in quello della costruzione di strade e gallerie, e la coreana Hyundai Engineering and Construction Co.Ltd. (HDEC) sono i due contraffattisti dell'opera.

La durata del progetto, che ha avuto inizio nel novembre del 2013, è prevista in 1827 giorni, circa cinque anni, per concludersi quindi nel 2018.

Progetto

Il progetto prevede l'esecuzione di oltre 1.200 pali e la Trevi Foundation Kuwait ha acquisito, dai due contraffattisti, l'esecuzione di 760 pali, a terra ed in acqua.

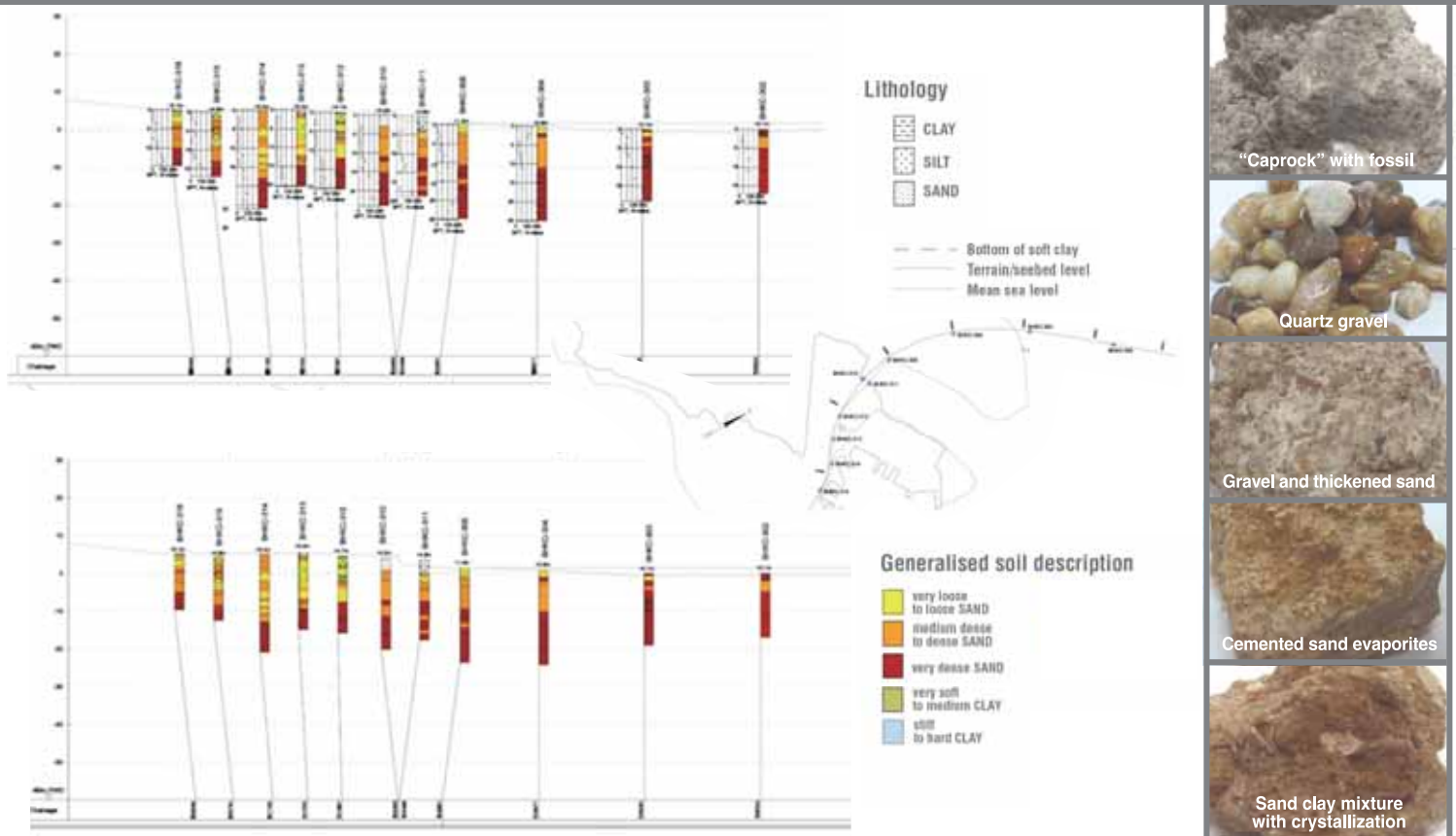
I pali, eseguiti con la tecnica della perforazione in presenza di fluido

The Combined Group Contracting Company (CGCC), a Kuwaiti contractor specialised in oil and gas pipeline laying and in road and tunnel construction, and Hyundai Engineering and Construction Co. Ltd. (HDEC) from Korea, are the two project contractors. The project, which began in November 2013, is scheduled to take 1827 days, approximately five years, and is expected to be completed in 2018.

Project

The project involves constructing more than 1,200 piles and Trevi Foundation Kuwait has been awarded the contract from the two contractors to execute 760 of these, both on and offshore.

The piles, bored with stabilizing fluid to support excavation, have a



di sostegno dello scavo, hanno un **diametro di 2500 mm a terra e 3000 mm in acqua, per profondità variabili da 30 m a 84 m.**

Vincoli ambientali hanno imposto l'utilizzo di polimeri biodegradabili per il confezionamento del fluido di sostegno dello scavo. Il contratto prevede la posa in opera dei rivestimenti metallici permanenti e temporanei, lo scavo dei pali, il posizionamento dell'armatura ed il getto del calcestruzzo.

I terreni, lungo l'asse della sopraelevata, sono prevalentemente sabbie, da sciolte a molto addensate, ed argille da molto soffici a soffici. Lungo le sezioni stratigrafiche sono comunque presenti livelli superficiali di "Caprock" con fossili, sabbie cementate, ghiaie quarzifere sciolte e cementate.

La natura dei terreni, combinate con i diametri e le profondità da raggiungere, hanno portato i tecnici di cantiere ad utilizzare i modelli più prestazionali del parco macchine Trevi.

diameter of 2500 mm onshore and 3000 mm offshore, with depths varying from 30 to 84 metres.

Due to environmental restrictions, biodegradable polymers have been used in the fluid to stabilize the borehole walls.

The work contracted out to Trevi Foundation Kuwait includes installing the permanent and temporary metal casings, drilling the piles, placing the reinforcements and pouring the concrete.

The soil along the causeway axis consists mainly of sand (from loose to very thick) and clay (ranging from very soft to soft). Superficial layers of Caprock with fossils, cemented sands, loose and cemented quartz gravel can, however, be found in the stratigraphic sections.

Due to the nature of the soil and the pile diameters and depths, the site engineers chose to use the top performance models in the Trevi rig fleet.

Attrezzature e lavorazioni

Per i pali a terra si sono quindi scelte una **SR-100** ed una **R-930**; per i pali in acqua, dovendo operare da pontone e quindi con raggi di lavoro importanti, e dovendo raggiungere le profondità di 84 metri, la scelta è caduta su di una gru **SC-120** equipaggiata con la applicazione rotary **SA-40**.

La rotary idraulica SA-40, in grado di generare una coppia massima di 413 kNm con numero di giri variabile da 16 a 65 rpm, scorre su di un supporto verticale incernierato ad un telaio inferiore fissato alla base della gru. Due cilindri idraulici collegati al corpo della gru consentono di inclinare il telaio di base per variare il raggio di lavoro, solitamente pari a oltre 6 metri. Questo è uno degli aspetti principali, lavorando da pontone, per poter raggiungere agevolmente l'asse del palo da scavare; tale raggio di lavoro è quello che consente di eseguire

Equipment & Work

An **SR-100** and an **R-930** were chosen for the onshore piles. Since construction of the offshore piles involves working from pontoons and thus long working radiuses, as well as reaching depths of 84 metres, an **SC-120** crane fitted with an **SA-40** rotary attachment was chosen.

The hydraulically powered rotary head, SA-40, able to generate a maximum torque of 413 kNm with rpm varying from 16 to 65, runs on a vertical support hinged to a bottom frame fixed at the base of the crane. Two hydraulic cylinders connected to the crane body allow the operator to tilt the frame at the base in order to change the working radius, usually reaching over 6 metres. This feature is essential when working from a pontoon as it enables the operator to easily reach the centre of the pile; this working radius is necessary



Area cantiere a terra / Onshore jobsite

pali di diametro sino a 4000 mm.

Per la realizzazione dei pali in acqua si è attrezzato un pontone, largo circa 20 metri, per una lunghezza di circa 74 metri, movimentato da rimorchiatori ed ancorato a corpi morti, appositamente disposti sul fondale, attraverso quattro verricelli fissati a due a due sui lati dell'imbarcazione.

Quattro "zampe" in acciaio, di 1200 mm di diametro e lunghe 25 metri, disposte in prossimità dei verricelli, vengono calate sul fondale per stabilizzare il pontone una volta posizionato in corrispondenza dei pali da scavare. Sul pontone trovano posto la SC-120 con SA-40, una gru di servizio per la posa in opera della gabbia di armatura, una pala meccanica di servizio e le vasche dell'impianto di confezionamento e gestione del polimero.

Al pontone principale vengono poi accostati altri natanti adibiti al trasporto delle gabbie di armatura ed all'allontanamento del materiale di risulta dello scavo.

to construct 4000 mm diameter piles.

To construct the offshore piles, a pontoon, approximately 20 m wide and 74 m long, was set up; it was positioned by tugs and anchored to dead weights which had been placed on the seabed using four hoists arranged in pairs on either side of the boat.

Four steel "legs", 1200 mm in diameter and 25 m long, arranged in the vicinity of the hoists, were lowered onto the seabed to stabilize the pontoon once it had been manoeuvred into position. The SC-120 with SA-40, a service crane to install the reinforcement cage, an auxiliary power shovel and the polymer mixing/processing tanks were housed on the pontoon.

Other support vessels used to transport the steel reinforcement and remove the excavated debris were moored close to the main pontoon.

Le fasi di esecuzione dei pali sono quelle classiche del lavoro in acqua e prevedono: la posa in opera di un rivestimento metallico permanente infisso nel fondale e sporgente in superficie, lo scavo del terreno all'interno del rivestimento e sino alla quota di fondo palo, il ricircolo del polimero e la pulizia del fondo palo, in questo caso utilizzando un sistema di air-lifting calato al fondo dello scavo, la posa in opera dell'armatura metallica ed il getto finale del palo con calcestruzzo.

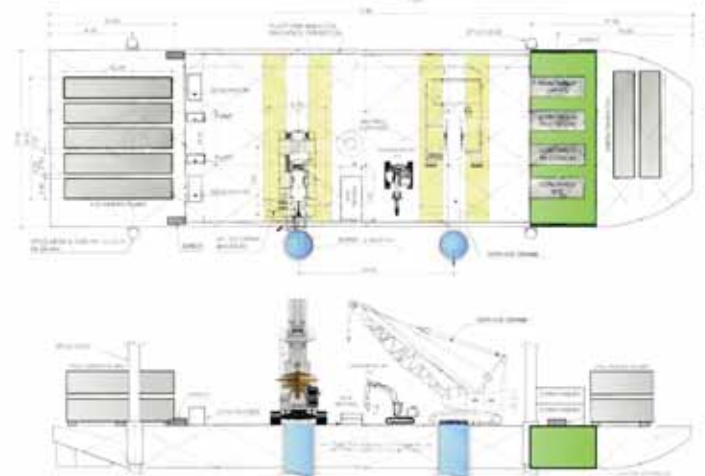
Il materiale di risulta viene direttamente scaricato su cassoni stagni per essere poi evacuato senza arrecare nessun tipo di inquinamento alle acque della baia. Il bucket è stato dimensionato dell'altezza massima consentita dal tiro disponibile all'argano principale della gru. In sommità al casing viene montata una pedana di lavoro, per operare in sicurezza a bocca foro, dimensionata come "vasca di espansione" per il polimero, in modo da evitare possibili sversamenti in mare

The standard execution phases for offshore piles have been adopted in this project, namely: a permanent steel casing is driven into the seabed and emerges above the surface of the water, the soil inside the casing is excavated down to the bottom of the pile, the polymer is recycled and the bottom of the pile is cleaned, in this case using an air-lifting system lowered to the bottom of the borehole, the steel reinforcement cage is installed and the concrete pile is cast.

The debris is discharged directly into watertight caissons and is then removed from the jobsite without polluting the water in the bay. The bucket is as high as is allowed by the available pull of the main winch on the crane. A platform is mounted at the top of the casing to allow workers to operate safely at the borehole mouth, with a tank underneath to catch any polymer that may overflow from the pipe. This prevents any spillages into the sea when the



Area cantiere in mare / Offshore jobsite



Disposizione attrezzature su chiatta / Barge arrangement

durante le fasi di discesa e risalita dell'utensile, e durante la posa della gabbia di armatura e del calcestruzzo. Raggiunta la quota di fondo scavo si procede alla posa della gabbia di armatura.

Una specifica del progetto è relativa al collegamento degli spezzoni di gabbia di armatura.

Normalmente questo collegamento prevede una semplice sovrapposizione delle barre verticali con impiego di morsetti in numero sufficiente a sostenere la gabbia all'interno dello scavo prima del getto. Per questo progetto è invece richiesto l'accoppiamento di tutte le barre verticali con dadi filettati. Per questo è stato necessario costruire gli elementi di gabbia con speciali attrezzaggi che garantiscano la corretta posizione di tutte le barre.

Per il getto di un palo in acqua, realizzato alla profondità massima di 84 metri, sono necessari, teoricamente, 594 metri cubi di calcestruzzo. L'operazione del getto è una delle fasi più delicate dell'intero processo: deve essere eseguita senza interruzioni e

tool is lowered and raised and when the reinforcement cage is installed and the concrete poured.


Once the target depth is reached, the reinforcement cage is installed;

One special feature of the project regarded the connection of the steel reinforcement sections.

Normally the vertical bars are simply overlapped using enough clamps to support the cage inside the borehole before the concrete is poured.

In this project, however, the vertical bars were connected by means of threaded nuts; the cage sections were constructed using special tools to ensure the correct positioning of all bars.

When casting a pile in water at a maximum depth of 84 metres, theoretically 594 cubic metres of concrete are needed. Casting is one of the most delicate stages in the whole process: it must be performed without interruption and at the right speed to ensure



I numeri dell'opera / The work in figures

3.7 miliardi di dollari / billion US dollars

37 km di sopraelevata / long causeway

5 km di vie di accesso all'area / of access roads to the area

2 isole artificiali da 30 ettari / artificial islands of 30 hectares

1827 i giorni previsti di lavoro / days estimated for project completion

I numeri TREVI / TREVI in figures

760 pali (terra e acqua) / piles (onshore and offshore)

ø 2500 mm (terra/ onshore)

ø 3000 mm (mare / onshore)

38-84 m di profondità / depth

con una adeguata velocità per garantire la corretta risalita del polimero, spiazzato dal calcestruzzo che risale dal fondo del palo, e per evitare discontinuità nella massa del calcestruzzo nel caso di interruzione della sua risalita.

La soluzione adottata è stata pertanto quella di utilizzare due pontoni sui quali si sono installati due impianti di confezionamento del calcestruzzo; su ogni pontone è presente una pompa calcestruzzo, con un adeguato braccio di alimentazione che consente di raggiungere la posizione del palo da gettare.

Per velocizzare la fase di getto si è anche utilizzato un tubo getto di diametro maggiorato rispetto allo standard e pari a 343 mm, con un imbuto getto di capacità pari a 1,6 metri cubi, in grado di garantire una portata di calcestruzzo, in fase di getto, sino a 80 m³/ora.

the polymer rises properly as it is displaced by the concrete rising from the bottom of the pile, and to avoid discontinuity in the mass of the concrete should pouring be interrupted.

The solution chosen in this project was to use two pontoons, each with a batch plant; both pontoons also had a concrete pump whose spraying arm was long enough to reach the pile.

To speed up the casting process, an oversized tremie pipe (343 mm in diameter) and a funnel with a capacity of 1.6 cubic metres were used, guaranteeing a capacity of up to 80 m³/hour.



Per l'esecuzione dei pali si è proceduto alla posa in opera di un tubo in acciaio, per stabilizzare il terreno durante i primi 12 metri di scavo. All'interno di questo tubo viene poi posto in opera un tubo in acciaio come rivestimento permanente del palo e si procede quindi allo scavo del palo, sino alla quota di progetto, utilizzando il polimero come fluido di sostegno delle pareti.

Al termine dello scavo, un tubo in acciaio attrezzato con una pedana di lavoro viene posto in opera per alzare il piano di lavoro ed evitare spargimenti di polimero durante le fasi di posa in opera della gabbia di armatura e del calcestruzzo.

I pali a terra vengono gettati con la medesima metodologia di quelli in acqua. Si utilizzano due pompe da calcestruzzo con bracci articolati; a terra le pompe sono alimentate da autobetoniere, sempre in numero di due a pompa per garantire la necessaria velocità di getto ed utilizzando il medesimo tubo getto di diametro maggiorato.

The first stage in constructing the piles was to install a steel pipe to stabilize the soil in the first 12 metres excavated. Another steel pipe, which would be the permanent casing of the pile, was then installed inside the first one. The pile was then bored to the design depth, using the polymer to support the walls.

After drilling, a steel pipe fitted with a work platform was mounted to raise the work area and prevent the polymer from spilling out as the reinforcement cage was installed and the concrete poured.

The onshore piles were cast using the same method as the offshore piles. Two concrete pumps with pivoted arms were used; the pumps on the land were fed by truck mixers, two for each pump, to ensure the right casting speed was maintained. The same increased diameter tremie pipe was also used.



TREVI FOUNDATIONS
↓
KUWAIT CO. WLL

شركة تريفي الكويت للأساسات ذ.م.م

P.O.Box 1032, Dasman, Kuwait
Tel. +965 22468591/ 593 - Fax +965 22452514
www.trevikuwait.com

TREVI
↓
a TREVI Group company

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