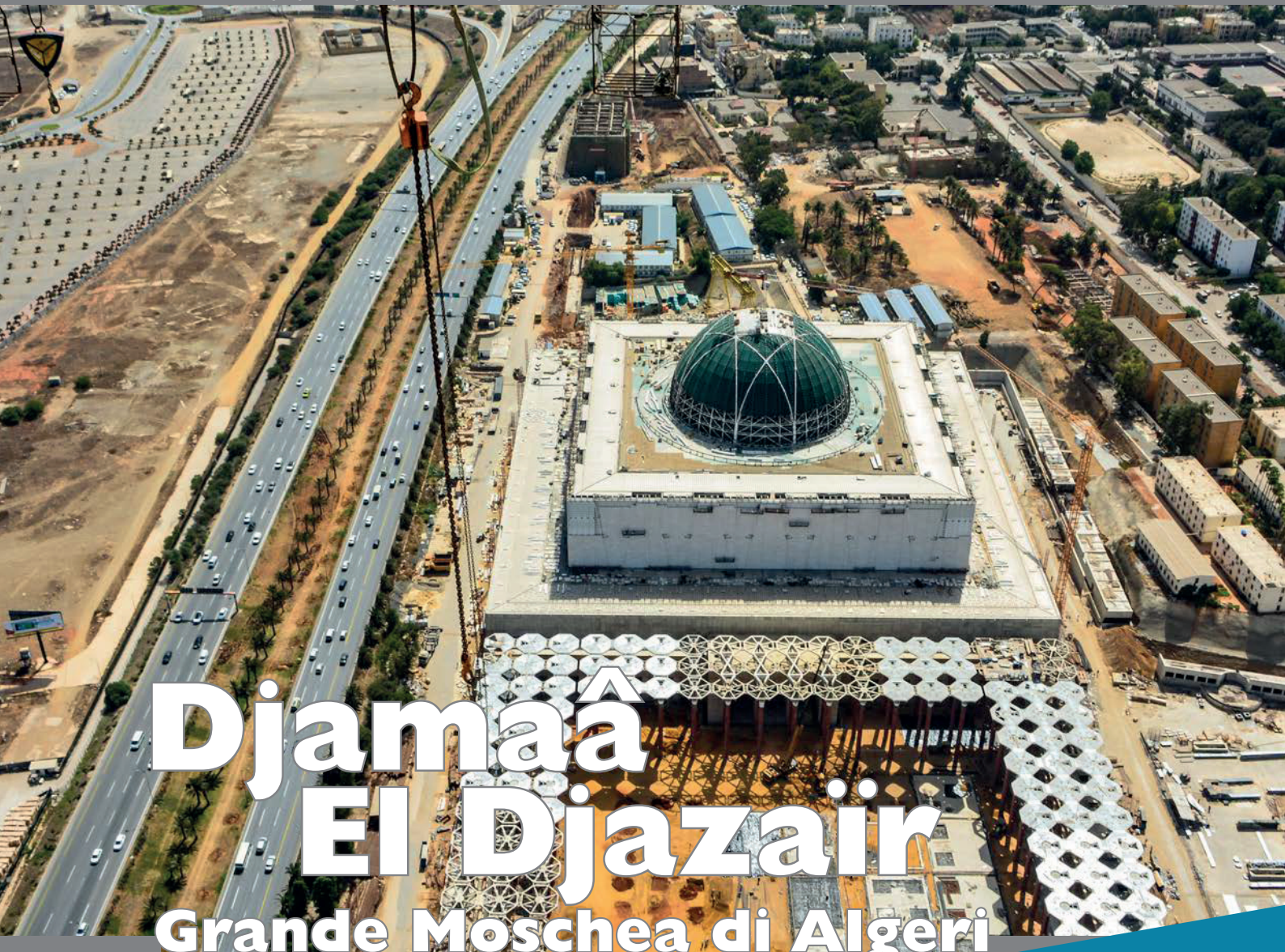


worldwide leader in the foundation engineering field



REFERENZA TECNICA / TECHNICAL REFERENCE



# Djamaâ El Djazair

## Grande Moschea di Algeri

Algeri, Algeria



**Diaframmi  
Diaphragm Walls**

**Prove di carico (Vert. e orizz.)  
Load tests (Vertical & horizontal)**

Cliente :  
Owner :

Agence Nationale de Réalisation et de Gestion de Djamaâ El Djazair  
(ANARGEMA) République démocratique et Populaire d'ALGERIE

Contrattista principale :  
Main Contractor :

China State Construction Engineering Corporation - CSCEC (China)

Durata dei lavori :  
Duration of works :

2012 - 2013

## Il progetto

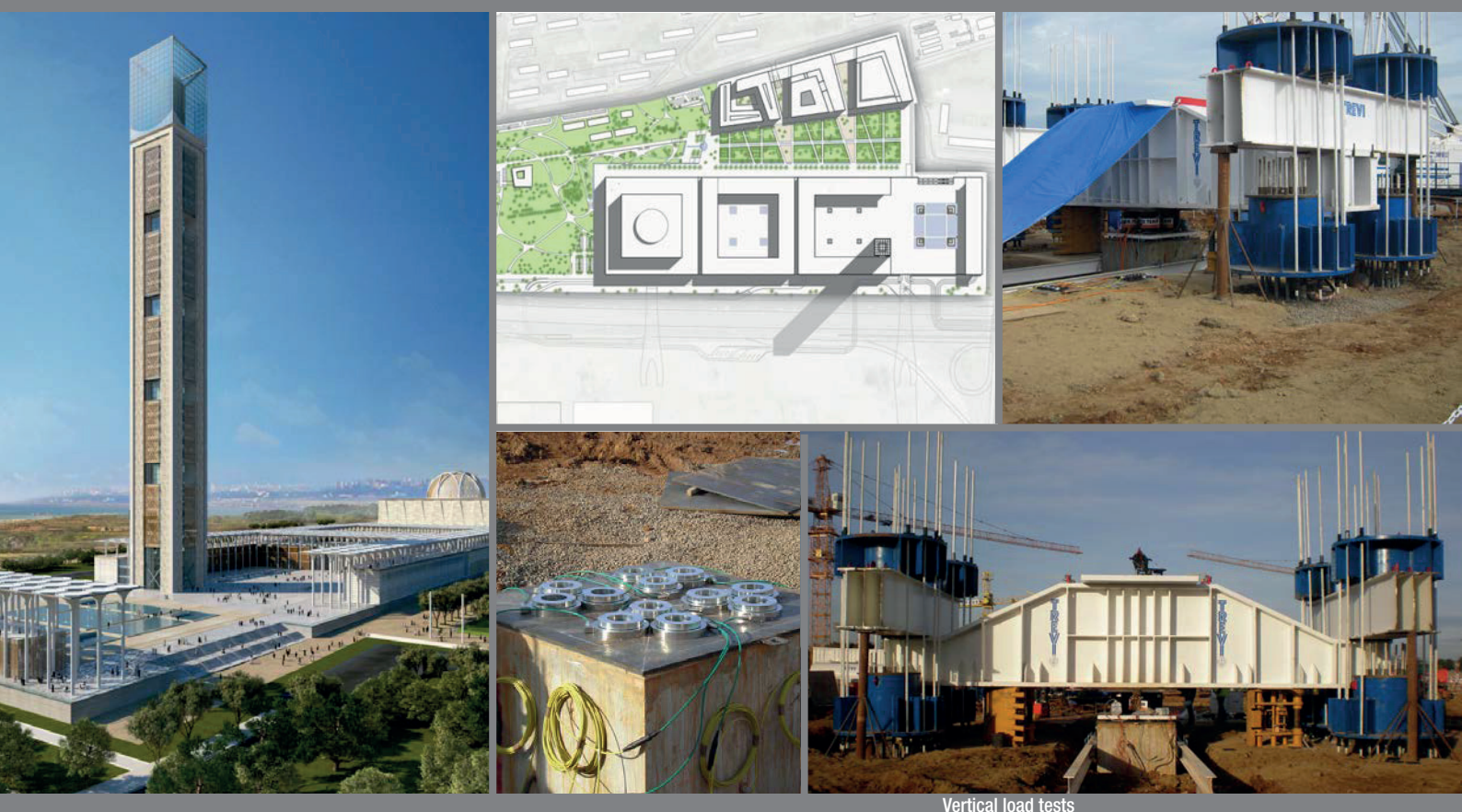
La Grande Moschea di Algeri, che sarà la terza più grande al mondo dopo la Mecca e Medina, è uno dei più grandi progetti in Algeria. Simbolo della rinascita civile, culturale ed economica del paese nordafricano, avrà **una capacità di ca. 120.000 posti**.

Il complesso sorgerà su una **superficie complessiva di 269.000 m<sup>2</sup>** e sarà articolato in sei edifici principali destinati a sale di preghiera (*la più grande per 36.000 persone*), centro culturale per 1500 posti, biblioteca da 2000 posti, scuola islamica, un museo dell'arte e della storia islamica e altre attività e servizi, intervallati da ampie corti dominate da **un minareto alto 270 metri**.

## The project

*The Great Mosque of Algiers, the third-largest mosque in the world after the Great Mosque of Mecca and Al-Masjid an-Nabawi of Medina, one of the biggest projects in Algeria. A civil, cultural and economical symbol to the country, **can house up to 120.000 worshipper**.*

*The complex sits on a **site covering 269.000 m<sup>2</sup>** and also houses six main buildings, a prayer hall (the largest with capacity of 36.000 person), a cultural center of 1500 seats, a library of 2000 places, an islamic school, a museum for Islamic art and history with other activities and services, interspersed with a **minaret of 270 m tall**.*



Vertical load tests

## La natura geologica del terreno

La natura geologica del terreno è di tipo sedimentario, i cui strati si susseguono per uno spessore superiore ai 50 metri.

La stratigrafia della zona è caratterizzata da:

- **depositi continentali** di natura alluvionale dal colore rosso;
- **sabbia consolidata** (*da fine a media*);
- **arenaria e conglomerati** con cementazioni carbonatiche e inclusioni di conchiglie;
- **argilla plastica gialla** che passa lateralmente ad una marna grigia con inclusioni di materia organica;
- **mix di sabbie detritiche** con granulometria da grossolana a fine con alla base dei livelli di ghiaia e ciottoli;
- **marne plastiche grigio-blu** con inclusioni di sabbie ghiaiose e conchiglie.

## The field geological nature

*The soil geological nature is of sedimentary type, and the layers follow one after the other over a thickness of 50 meters.*

*The stratigraphy of the area is characterized by:*

- **continental deposits** of alluvial nature with a red color;
- **consolidated sand** (*fine to medium*);
- **sandstones and conglomerates** with carbonate cementations and shell inclusions;
- **yellow plastic clay** that passes laterally to a gray marl with inclusions of organic material;
- **mix of sands debris** of fine granulometry to coarse with gravel and pebble levels at the base;
- **blue-gray plastic marls** with inclusions of gravel sands and shells.

## L'intervento Trevi

A TREVI Algeria, sono stati affidati i lavori di fondazioni speciali. Nello specifico la società è stata incaricata di realizzare **le 60 barrette di fondazione del minareto, aventi spessore di 1,2 m e profondità di 60 m**. A conferma delle ipotesi alla base della progettazione, sono state commissionate a Trevi anche le **prove di carico preliminari** (5 verticali a compressione e 5 orizzontali) da eseguirsi su pali pilota.

### Le prove di carico

Le prove di carico sono state effettuate su pali preliminari eseguiti fuori opera in parte nelle zone delle strutture di servizio (3 prove verticali e 3 orizzontali) e in parte nella zona del minareto (2 prove verticali e 2 orizzontali).

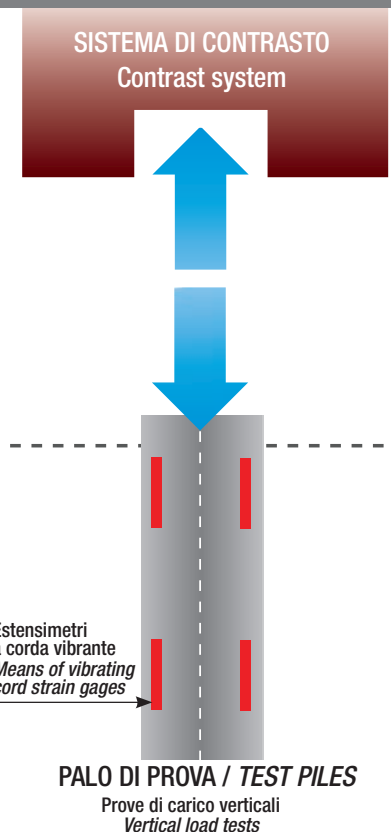
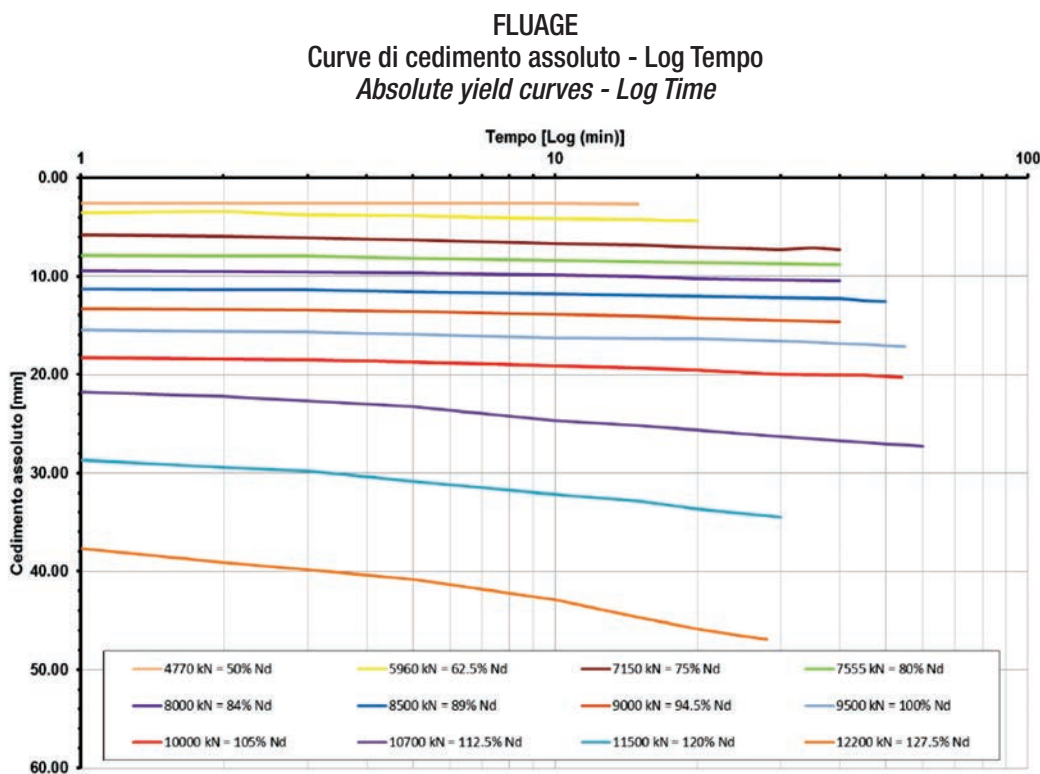
## Trevi works

TREVI Algeria was awarded the Special Foundations work, more precisely, it was in charge of executing **60 barrettes for the minaret foundation, with 1,2 m thickness and 60 m depth**. To confirm the hypotheses already implemented, a group of preliminary static load tests were carried out (5 vertical compression and 5 horizontal) on the pilot piles.

### The load tests

Load tests were carried out on preliminary piles off-site partly in the service structure area (3 vertical tests and 3 horizontal tests), and partly in the area of the minaret (2 vertical and 2 horizontal tests).

### Prove di carico verticali / Vertical load test \_ interpretazioni / interpretations



Il carico massimo applicato in VERTICALE è stato di **21.800 kN** mentre quello applicato in ORIZZONTALE è stato di **2.400 kN**.

Trevi si è occupata della progettazione ed esecuzione delle prove di carico, a partire dal dimensionamento del sistema di contrasto per ogni tipo di prova, fino all'assemblaggio dei vari elementi e all'esecuzione delle prove in presenza di progettisti, cliente e varie rappresentanze politiche e universitarie. Per ogni prova è stato redatto un rapporto tecnico con letture e prime interpretazioni, inviato ai progettisti per successive interpretazioni e validazione delle ipotesi progettuali.

Per le **prove verticali** il sistema di contrasto dei martinetti consisteva in una trave metallica principale alta 2 m e lunga 10 m, e 2 travi secondarie composte da profilati doppio T alti 1m. Tale sistema ripartiva il carico di prova su 4 (o 2) pali di reazione attraverso apposite testate metalliche collegate a barre filettate

The maximum load applied VERTICALLY was **21,800 kN** while the one applied HORIZONTALLY was **2,400 kN**.

Trevi was in charge of designing and executing the load tests, starting from dimensioning the contrast system for each type of tests, until assembling the various elements and the execution of the tests in presence of designers, customers and different political and university representatives.

For each test a technical report was prepared with readings and first interpretations, sent to the project designers for subsequent interpretations and validation of the design hypotheses.

For the **vertical tests**, the contrast system consisted of a main metal beam 2 m high and 10 m long, and 2 secondary beams made up of 1m high double T profiles. This system distributes the test load on 4 (or 2) reaction piles through special metal heads connected to threaded high adherence bars, embedded with sheath inside the piles, they transfer the tensile force to the base of

ad alta resistenza le quali, annegate con guaina nei pali, trasferivano la trazione a base dei pali reazione.

L'applicazione del carico mediante martinetti idraulici è stata quantificata a testa palo grazie a una serie di celle di carico, e lungo il fusto tramite estensimetri a corda vibrante annegati nel getto a varie quote.

La misura degli spostamenti è stata eseguita attraverso comparatori centesimali montati a testa palo, e confermata tramite letture topografiche.

La sequenza di caricamento prevedeva incrementi costanti fino al carico massimo di prova, mantenendo ogni incremento per un tempo necessario alla stabilizzazione dei cedimenti.

Per le **prove di carico orizzontali** i martinetti applicavano il carico orizzontale alla testa del palo di prova, contrastando su una coppia di pali di reazione collegati in testa da un plinto in c.a.

*the reacting piles.*

*Hydraulic jacks were installed in order to apply the load that has been quantified using a serie of load sensors on top of the pile, and along the shaft by means of vibrating cord strain gages embedded in the casting at various heights. The displacements measurements were performed using centesimal comparators placed on top of the pile, and confirmed by topographic readings.*

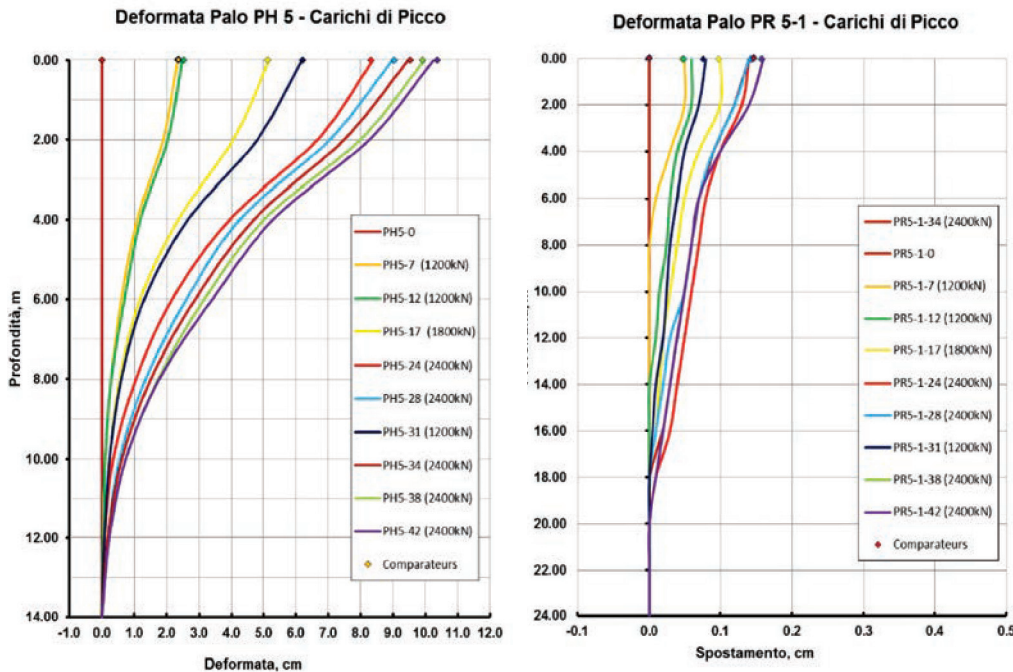
*The loading sequence consists of constant increments up to the maximum test load, maintaining each increment for a certain time necessary for the settlements to stabilize.*

*For the **horizontal load tests** the hydraulic jacks apply the horizontal load on the test pile head, contrasting against a pair of reaction piles connected at the head by a reinforced concrete plinth beam.*

*The load was transferred by means of a metal beam equipped by*

Prove di carico orizzontali / Horizontal load tests

### Prove di carico orizzontali / Horizontal load tests (Results) Deformata dei pali di prova Vs Deformata pali di contrasto *Deformed test piles Vs Deformed contrast piles*



Il carico era trasferito per mezzo di una trave metallica dotata di snodo a cerniera con perno in corrispondenza del plinto, di modo da applicare il carico sempre orizzontalmente sul palo.

L'applicazione del carico mediante martinetti idraulici è stata quantificata grazie a una serie di celle di carico, disposte una di fronte ad ogni martinetto.

La misura degli spostamenti è stata eseguita a testa palo tramite comparatori centesimali, e lungo il fusto attraverso inclinometri calati in appositi tubi annegati nei pali. Tali letture sono state eseguite in parallelo anche sulla coppia di pali di reazione, raddoppiando di fatto le informazioni ottenute.

La sequenza di carico prevedeva vari cicli di caricamento con velocità variabili per simulare le varie sollecitazioni a cui i pali sarebbero stati sottoposti nella loro vita utile.

### Barrette di fondazione

Terminata l'analisi dei dati forniti dalle prove di carico (orizzontali

*an articulated joint with a pin at the plinth, so that the load was always applied horizontally on the pile.*

*The load application using the hydraulic jacks on the top was quantified by a serie of load sensors, placed one in front of each hydraulic jack.*

*The displacements were measured at the top of the pile by means of centesimal comparators, and along the shaft through inclinometers embedded in the piles inside special tubes. The readings were also performed in parallel on the pair of reaction piles, in order to double the effectiveness of the information obtained.*

*The loading sequence involved various loading cycles with varying speeds to simulate the various stresses the piles would be subjected to in their normal situation.*

### Barrette foundation

*After analyzing the data obtained from the load tests (horizontal and vertical) on the pilot piles, the client announced their approval*

e verticali) sui pali pilota, la committenza ha dato il via libera alla realizzazione delle barrette di fondazione del minareto.

La lavorazione è partita dalla costruzione di muretti guida in base ai quali sono state realizzate barrette di sezione di due tipologie, da 7,2 x 1,2 metri e da 6 x 1,2 metri.

Per la loro realizzazione sono state utilizzate attrezzature Soilmec, l'azienda metalmeccanica del gruppo, in particolare: la **benna idraulica BH-12** e la **benna fune BF-9**, entrambe montate su escavatori Link Belt di varie classi, oltre a varie attrezzature a completamento del cantiere.

Durante la fasi di lavorazione, così come richiedeva l'importanza dell'opera, sono state eseguite in maniera sistematica una serie di controlli:

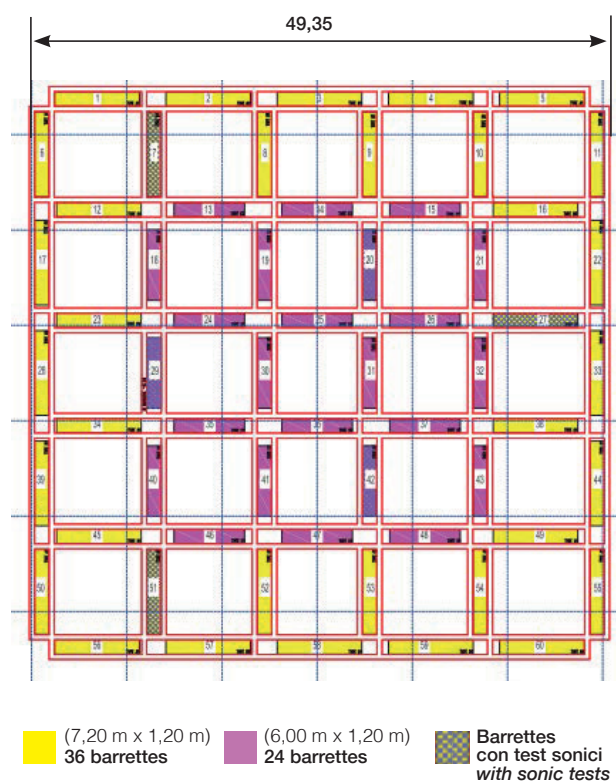
- **controllo della reazione reologica** della bentonite utilizzata

to construct the barrettes foundation of the minaret. The work started with the construction of the guide walls on which two types of section barrette were made, 7.2 x 1.2 meters and 6 x 1.2 meters.

For their construction, the equipments were used are from Soilmec the engineering company of the group, in particular: the **hydraulic grab BH-12** and the **cable grab BF-9**, both mounted on Link Belt excavators of various classes, as well as various equipment for job completion.

During the work phase, exactly as the importance of the operation required, a series of tests were systematically carried out:

- **control of the bentonite rheological reaction** used as stabilizer for the excavation;
- **control of the trenches geometry** during excavation with a biaxial system (Taraben / Jean Luz);



come sostegno allo scavo;

- **controllo geometria trincea** durante lo scavo con sistema biassiale (Taraben/Jean Luz);
- **controllo profondità e verticalità delle barrette** (Koden);
- **controllo fango di perforazione** estratto dal fondo della trincea.

Vista la notevole profondità delle barrette, la gabbia di armatura è stata suddivisa in 4 elementi. La giunzione delle barre longitudinali delle gabbie è stata eseguita attraverso saldatura manuale con elettrodo fusibile.

Tutte le saldature sono state eseguite nel rispetto della NF EN ISO 17.660-1 e numerosi test di trazione sono stati eseguiti come verifica del rispetto dei requisiti di qualità.

La giunzione delle gabbie è stata svolta parzialmente a terra accoppiando le gabbie a due a due, mentre le due metà così formate sono state accoppiate fra di loro una volta posizionate in verticale sopra al foro. Il sollevamento di questi elementi di gabbia da oltre

- **depth and verticality control of the barrettes** (Koden);

- **control of the drilling mud** extracted from the trench bottom.

Considering the important depth of the barrettes, the reinforcement cage was divided into 4 elements. The juncture of the longitudinal bars of the cages was done by manual welding with a fusible electrode. All the welds were executed according to the standard NF EN ISO 17.660-1 and various tensile tests were performed to ensure compliance with the quality requirements.

The cages were joined in pairs partially on the ground, once the two halves are formed, they will be bonded together while positioned vertically on the trench. Lifting over 30 ton of these cages elements were performed by means of 2 cranes from different lifting points.

Finally, once the desanding phase is completed using 2 Soilmec BE50 desanders, the casting takes place with 3 columns of casting tubes simultaneously to have a uniform filling along the considerable width of the barrettes.

# la più grande moschea d'Africa

**269.000 m<sup>2</sup>** sale preghiera, centro culturale, biblioteca,  
scuola islamica e museo dell'arte e della storia islamica.

Un totale di **120.000** posti

Minareto alto **270** metri

# *the largest mosque in Africa*

**269.000 m<sup>2</sup>** prayer hall, cultural center, library, islamic  
school, museum for Islamic art and history

A total of **120.000** worshipper

Minaret of **270** meters high

**3.172 ton**

di acciaio (gabbie)  
of reinforcement steel (cages)



**24.504 m<sup>3</sup>**  
(getto - *casting concrete*)



## **i numeri dell'intervento**

**60 barrette di fondazione  
1200 mm di spessore  
50 metri di profondità**

## **intervention in numbers**

**60 foundation barrette  
1200 mm thickness  
50 meters depth**



30 ton è stato eseguito con 2 gru da diversi punti di sollevamento. Infine, una volta terminata la fase di dissabbiamento utilizzando 2 dissabbiatori Soilmec BE50, il getto è avvenuto in contemporanea con 3 colonne di tubi getto per avere una risalita uniforme lungo la notevole larghezza delle barrette.

## Conclusioni

Nonostante le molteplici difficoltà operative dovute alla dimensione ed alla profondità delle barrette richiesta dal progetto, per cui si sono rese necessarie attrezzature aggiuntive per rispettare i tempi brevissimi destinati all'intervento (6 mesi), **Trevi ha dimostrato di essere l'unica impresa coinvolta nel progetto in grado di garantire gli elevatissimi standard tecnologici richiesti.**

Inoltre, in questa occasione, sono stati progettate e realizzate per la prima volta in Algeria, prove di carico statiche su pali trivellati fino a 2.180 ton.

## Conclusion

*Despite the several operational difficulties due to the barrettes required dimensions, some additional equipments were necessarily used to meet the fixed duration (6 months) and stay away from any alarming deadlines, **Trevi proved to be the only company involved in the project capable of guaranteeing the very high technological standards required.***

*Furthermore, under this project, static load tests on bored piles up to 2,180 tons were designed and performed for the first time in Algeria.*



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



09, Rue des jardins, Hydra - Alger - Algeria  
Tel. +213 234 865 02 | Fax N/A  
e-mail: [trevialgerie@trevispa.com](mailto:trevialgerie@trevispa.com)  
[www.trevispa.com](http://www.trevispa.com)