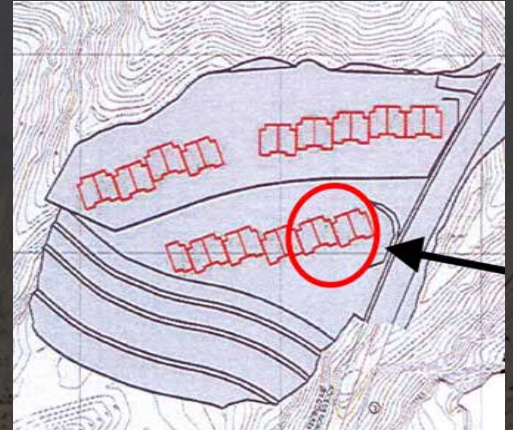


worldwide leader in the foundation engineering field



REFERENZA TECNICA - TECHNICAL REFERENCE



# Barr Al Jissah Resort

Muskat, Oman



**Compaction Grouting**  
**Compaction Grouting**

Cliente :  
Owner: Barr Al Jissah Resort Company SAOC

Contrattista principale :  
Main Contractor : Swissboring Oman LLC

Durata dei lavori :  
Duration of works: 2013 (April - October)

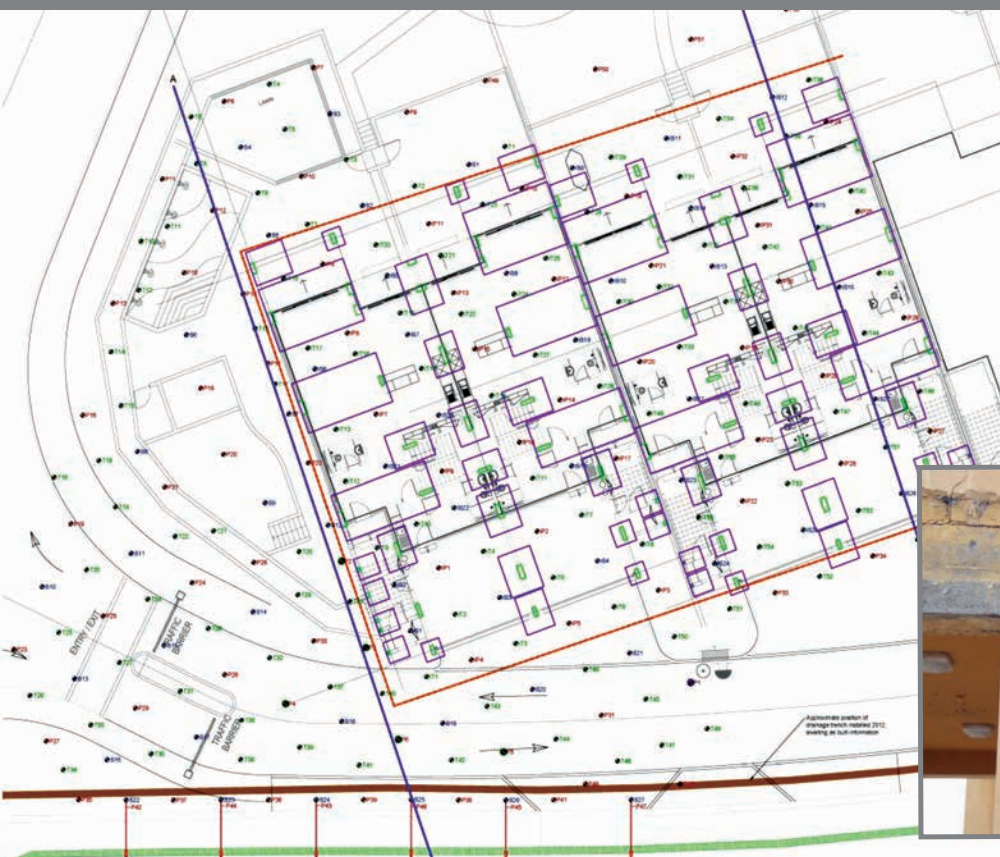


L'intervento ha interessato quattro villette a schiera soggette a dissesti strutturali dovuti a cedimenti differenziali delle fondazioni (a plinti isolati). Tutte le villette della schiera, undici in totale, erano state realizzate su di un rilevato artificiale in "rockfill" appoggiato al fianco di una collina. L'indagine sulle cause del dissesto, che ha incluso l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche tipo SPT, di pozzetti esplorativi ed un accurato studio di tutta la documentazione relativa ai lavori di costruzione del rilevato e del complesso residenziale, è stata in grado di individuare una serie di motivi concomitanti:

- **errata granulometria** e scarsa qualità complessiva degli aggregati calcarei utilizzati per la realizzazione del rilevato artificiale
- **insufficiente compattazione dei materiali** stessi eseguita, tra l'altro, per strati di altezza eccessiva
- **asportazione da parte delle acque meteoriche della già in-**

*The intervention involved four terraced houses subject to structural instability due to differential yielding of the foundations (in isolated plinths). All the terraced houses, eleven in total, had been built on an artificial "rockfill" on a hillside. The investigation into the causes of the instability, which included the execution of dynamic penetrometric tests such as SPT, exploration wells and a careful study of all the documentation relating to the construction of the embankment and the residential complex, was able to identify a number of concurrent reasons:*

- **incorrect granulometry** and poor overall quality of the calcareous aggregates used for the construction of the artificial embankment;
- **insufficient compaction of the same materials** that was performed, among other things, for layers with excessive height;
- **removal of the already insufficient fine fraction of the mate-**



sufficiente frazione fine del materiale del rilevato a causa della inadeguatezza del sistema di drenaggio superficiale

- **eccessiva differenza di spessore del rilevato artificiale** su cui sono stati fondati gli edifici in questione

*rial of the embankment caused by meteoric waters, due to the inadequacy of the surface drainage system;*

- **excessive difference in the thickness of the artificial embankment** on which the relevant buildings were founded.

**I cedimenti nel giro di pochi mesi avevano raggiunto valori variabili tra 2 ed 8 cm**

Per tipologia di cause e natura dei terreni interessati, **la tecnica del compaction grouting è stata sin da subito selezionata dal Progettista** come la più adatta ad arrestare lo sviluppo di ulteriori cedimenti e stabilizzare la situazione.

*Within a few months, the settlements had reached variable values between 2 and 8 cm.*

**The compaction grouting technique was immediately chosen by the Designer** due to the type of causes and nature of the involved soil, since said technique was the most suitable to stop the development of further failures and stabilize the situation.

## L'intervento realizzato

Il progetto dell'intervento ha previsto l'esecuzione di 270 fori di iniezione verticali o inclinati disposti ai vertici di un quadrato di 1,8 m di lato e disposti sia all'interno che al contorno delle 4 villette. All'interno degli edifici, la suddetta "maglia tipo" ha necessariamente

## The performed intervention

The project involved the execution of 270 vertical or inclined injection holes arranged at the top of a square of 1.8 m on the side and placed both inside and around the 4 houses. Inside the buildings, the previously mentioned "type mesh" has



te subito degli aggiustamenti per adeguarsi alla posizione dei plinti di fondazione e di altri ostacoli non rimuovibili (*rampe scale, muri portanti ecc.*). La lunghezza dei fori è stata definita in funzione della profondità del rilevato artificiale, con l'obbligo di penetrare per almeno 1,5 m nella formazione rocciosa naturale.

## Esecuzione dell'intervento

L'intervento si è sviluppato in un arco temporale di sei mesi ed ha richiesto l'impiego di 3 perforatrici idrauliche, 2 pompe da calcestruzzo, sistemi di controllo e registrazione dei parametri di iniezione.

## Controlli

In considerazione del precario equilibrio strutturale delle villette oggetto dell'intervento e della presenza di diverse strutture in adiacenza (*i.e. altre villette della schiera, impianti tecnici interrati, piscina*

*necessarily undergone adjustments to adapt to the position of the foundation plinths and other non-removable obstacles (ramps, load-bearing walls, etc.). The length of the holes has been defined according to the depth of the artificial embankment, with the obligation to penetrate at least 1.5 m into the natural rock formation.*

## Execution of the intervention

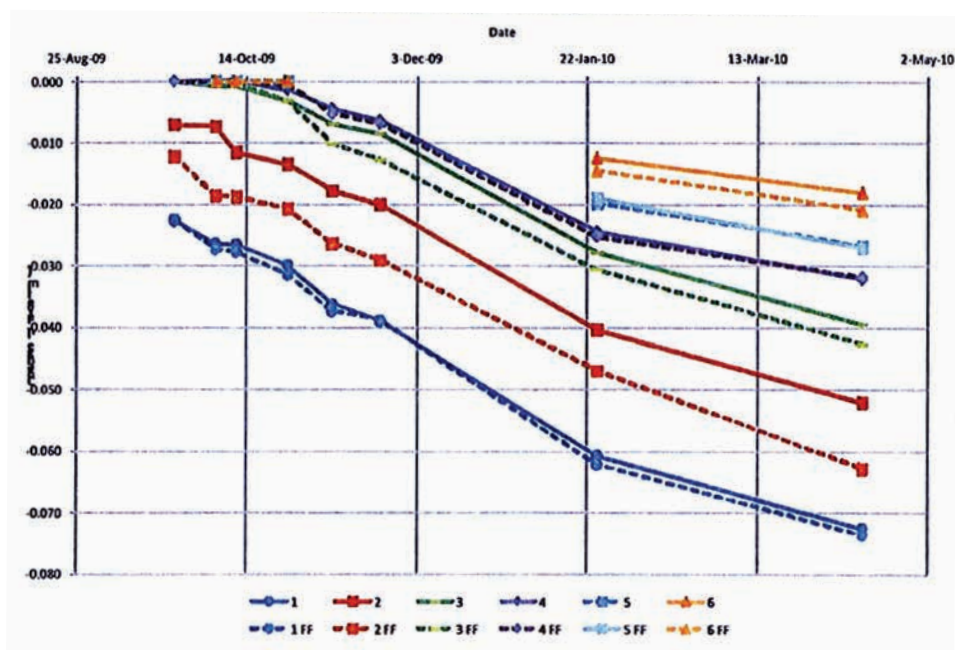
*The intervention was developed over a period of six months and required the use of 3 hydraulic drilling machines, 2 concrete pumps, control systems and injection parameters recording.*

## Controls

*Given the precarious structural balance of the houses undergoing the intervention and the presence of various adjoining structures (i.e., other terraced houses, underground technical systems, con-*



## Lower level plots - Average Movement with time



*condominiale ecc.*), è stato implementato un sistema di controllo degli spostamenti particolarmente sofisticato infatti per il controllo di eventuali sollevamenti superficiali localizzati, sono stati utilizzati dei **livelli laser rotanti** con ricevitore posto in prossimità del foro in fase di iniezione e **soglia di allarme fissata a 5 mm** mentre per il controllo delle deformazioni delle villette e delle strutture in adiacenza è stato messo in opera un **sistema automatico di misura ed allarme** costituito da 2 stazioni totali robotizzate e circa 100 prismi topografici di lettura.

## Risultati finali

Nel suo complesso, l'intervento ha richiesto l'impiego di circa 3.000 m<sup>3</sup> di malta, con una sensibile riduzione dei volumi assorbiti per i fori secondari e terziari.

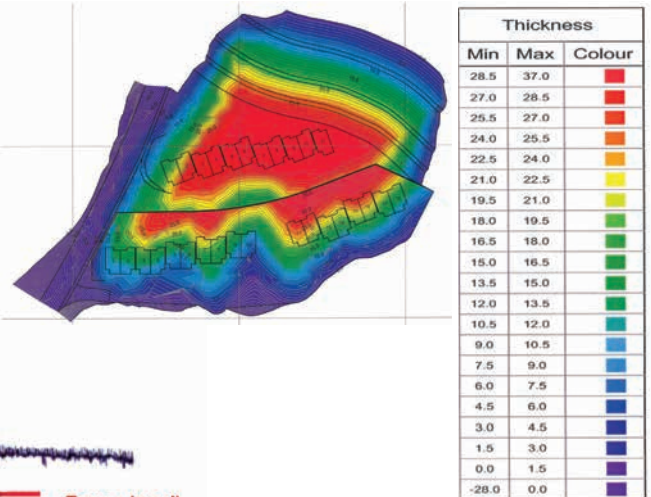
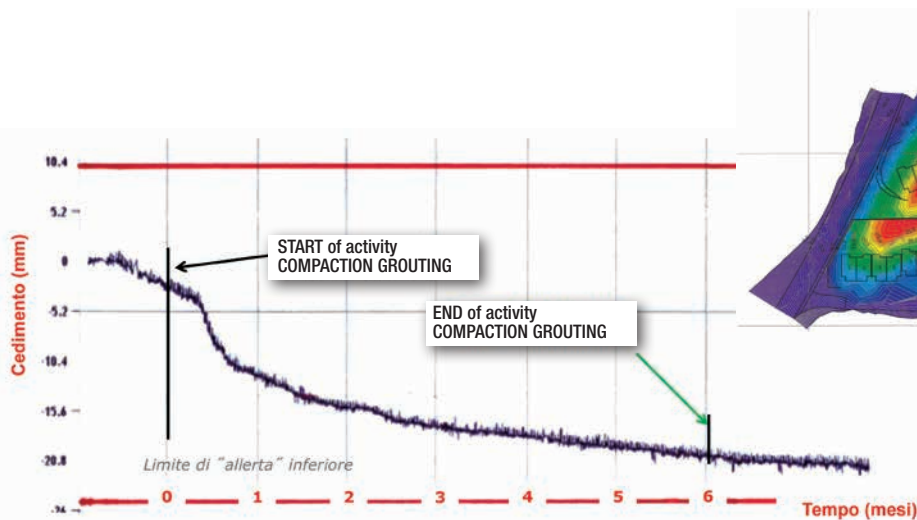
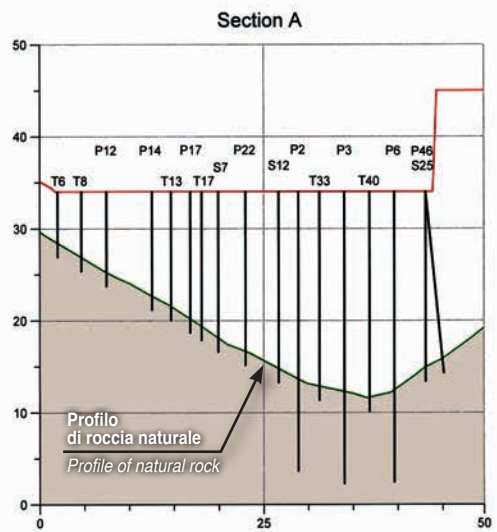
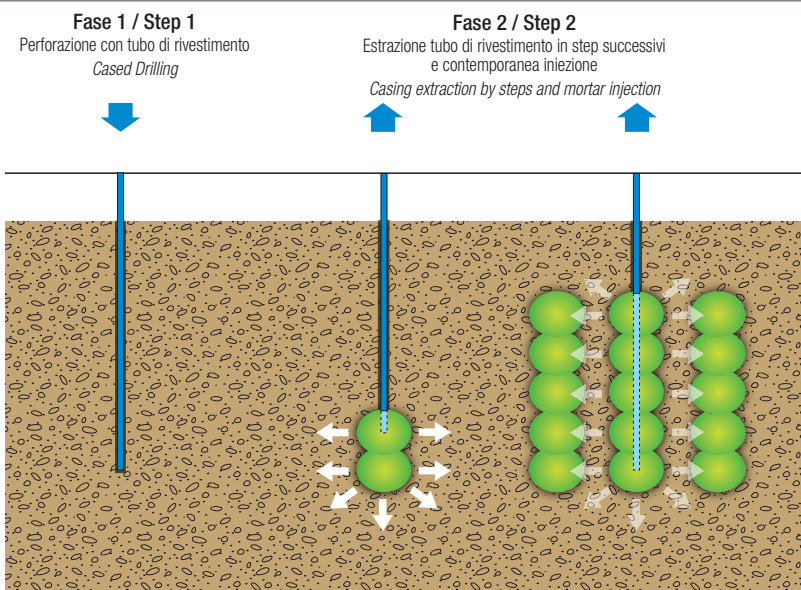
Dopo un primo periodo durante il quale i cedimenti in corso hanno subito una certa accelerazione a causa del disturbo generato dalle prime perforazioni al già precario equilibrio delle strutture, gli spostamenti hanno cominciato progressivamente a ridursi.

*dominium swimming pool, etc.), a particularly sophisticated movement control system has been implemented to control any localized surface lifts, hence, rotary laser levels were used with the receiver placed near the hole in the injection phase and the alarm threshold set at 5 mm, while, for the deformation control of the houses and adjoining structures, an automatic measurement and alarm system was used, consisting of 2 total robotic stations and about 100 reading topographic prisms.*

## Final results

*As a whole, the intervention required the use of about 3,000 m<sup>3</sup> of mortar, with a significant reduction in the volumes absorbed by the secondary and tertiary holes.*

*After a first period during which the subsidence underway has accelerated due to the disturbance generated by the first drilling works to the already precarious balance of the structures, the movements have gradually begun to decrease.*



Tale tendenza è proseguita per la restante parte dei lavori con progressione pressoché lineare, sino al raggiungimento di valori di cedimento praticamente nulli al termine dell'intervento e con differenze tra i vari punti di misura sempre molto contenute (max. 5 mm).

Dopo le necessarie opere di ripristino degli ambienti interni e delle pareti esterne, le quattro villette sono tornate ad essere occupate dai rispettivi proprietari.

*This trend continued for the remaining part of the works with almost linear progression, until the achievement of practically zero yield values at the end of the intervention and with differences between the various measuring points always very limited (up to 5 mm).*

*After the necessary restoration works of the interiors and the external walls, the four houses are now once again occupied by their respective owners.*



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)

