

worldwide leader in the foundation engineering field



REFERENZA TECNICA - TECHNICAL REFERENCE



Capannone Industriale

Colle di Val d'Elsa (SI) - Italia

Geotermia
Geothermal Energy



Cliente:
Owner:

Fiorentini Firenze S.p.A. - Tavernelle Val di Pesa (FI)

Contrattista principale:
Main Contractor:

Crocetti Edilcostruzioni srl - Certaldo (FI)

Durata dei lavori:
Duration of work:

Novembre 2012 - Giugno 2013

Introduzione

Lo stabilimento realizzato a Colle di Val d'Elsa si estende su una superficie di oltre 10.000 mq ed è caratterizzato da scelte progettuali fortemente innovative per strutture con tale destinazione. Lo studio di progettazione fiorentino Ing3+ ha sviluppato il progetto architettonico, strutturale e impiantistico, inserendo **elementi di innovazione come l'impianto geotermico con geoscambiatore "misto" a sonde verticali e a pali energetici.**

Inquadramento geografico e geologico

L'area di intervento è localizzata nella zona industriale Belvedere, pochi chilometri a sud-est del centro urbano, in corrispondenza dell'uscita Colle Val d'Elsa sud del Raccordo Autostradale Siena - Firenze, ad una quota media di circa 239 m s.l.m.

Progetto impianto geotermico

A causa del ritrovamento del calcare cavernoso a -75 m da p.c., durante la perforazione del pozzo di cantiere, è stato deciso di ridurre a -70 m la profondità delle sonde e aumentare a 44 il numero delle stesse.

In funzione del sottosuolo limoso-argilloso la struttura del fabbricato è costituita da pilastri in c.a. che poggiano su plinti, a loro volta sovrastanti da 4 a 6 **pali, con diametri variabili da 600 a 1000 mm a seconda dei carichi strutturali, della profondità di 22 m.** Al di sotto e a rinforzo della platea sono inoltre posizionati, in corrispondenza di aree dove è prevista l'installazione di sili o di attrezzature con carico concentrato elevato, **pali di diametro 600 mm e della profondità di 10 e 15 m. Proprio questi ultimi sono stati individuati per l'utilizzo come "pali energetici".** In fase preliminare i progettisti hanno previsto di scambiare con il

Perforazioni con Soilmec SM-16GT



Pali energetici con sonda a spirale

Installazione palo energetico



Il territorio del Comune di Colle Val d'Elsa (SI) si sviluppa prevalentemente sui **sedimenti del bacino pliocenico** in cui si sono depositate le Formazioni delle argille sabbiose, delle sabbie, dei conglomerati e delle breccie cementate conchigliari sabbioso - argillose (*Pliocene Medio_superiore*).

Nel Pleistocene superiore, circoscritti fenomeni di subsidenza, hanno dato origine alla conca di Colle di Val d'Elsa, caratterizzata da forma e profondità irregolari e interessata dalla formazione del travertino antico e dalle argille lacustri.

Come verificato dall'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, si ritiene che il calcare cavernoso, caratterizzato da elevata permeabilità, si trovi abbondantemente oltre i 100 m.

Il calcare cavernoso rappresenta un limite da evitare nella realizzazione delle sonde geotermiche proprio a causa della permeabilità che comporterebbe grossi problemi di cementazione e bassi valori di conducibilità termica in caso di assenza di falda.

terreno circa 150 kW attraverso le sonde profonde e circa 70 kW attraverso le geostrutture.

Realizzazione sonde verticali

Dato l'assetto geologico del terreno, per la perforazione delle sonde verticali è stata utilizzata una macchina **Soilmec SM-16 GT** dotata di **doppia testa di rotazione** per l'avanzamento contemporaneo di aste e rivestimenti.

Grazie a questa tecnologia, la perforazione può avanzare rapidamente, inserendo le tubazioni di rivestimento, che evitano franamenti o restringimenti del foro e permettono di utilizzare come fluido di perforazione acqua pura senza aggiunta di polimeri o bentonite.

La stratigrafia attraversata, pur con differenze di quote e di spessori tra i diversi punti di lavoro, può essere sintetizzata:

- 0-9 m: limo argilloso**
- 9-27 m: limo sabbioso con argilla**
- 27-34 m: ghiaia con sabbia**
- 34-63 m: limo sabbioso-argilloso**
- 63-64 m: calcare cavernoso**

A causa dell'irregolarità della quota di rinvenimento del calcare cavernoso, quasi sempre inferiore a 70 m di profondità, è stato deciso di aumentare fino a 45 il numero di sonde da realizzare. La lunghezza complessiva installata ammonta a 2.925 m, 275 m meno di quanto inizialmente previsto.

La differenza di lunghezza tra le diverse sonde è stata compensata in primo luogo, durante l'esecuzione dei collegamenti orizzontali, modulando la lunghezza dei circuiti sonda-collettore e, in secondo luogo, mediante le valvole di taratura posizionate sui collettori di campo in corrispondenza di ogni singola sonda.

possono essere notevoli, è opportuno premunirsi utilizzando un materiale più resistente rispetto a quello utilizzato normalmente per le sonde verticali.

In totale sono stati installati **n. 82 pali profondi 10 m e n. 36 pali profondi 15 m, diametro 600 mm; ciascun palo è stato attrezzato con n. 3 sonde geotermiche a singola U per un totale di 1.360 m di geostrutture.**

Su 2 pali prova (*uno profondo 10 m ed uno profondo 15 m*) sono state installate sonde spiralate in PE-RT (*polietilene ad alta densità resistente alle alte temperature*) per confrontarne la resa rispetto ad un palo energetico tradizionale nello stesso contesto idrogeologico.

Sequenza realizzazione pali trelicon e inserimento gabbie attrezzate con sonde geotermiche



Realizzazione pali energetici

I pali energetici sono stati realizzati, utilizzando una macchina Soilmec R-825, con metodo "Trelicon" secondo le seguenti fasi operative:

- infissione a rotazione dell'elica continua, collegata alla testa rotary, fino alla quota di progetto;
- estrazione della batteria di eliche e contemporaneo getto del calcestruzzo, attraverso le aste di perforazione;
- infissione della **gabbia di armatura, attrezzata con sonde geotermiche**, nel calcestruzzo fresco gettato fino al piano campagna.

All'interno di ogni armatura, sono state agganciate **n.3 sonde geotermiche a singola U** in PE100-RC (*Resistant to Cracks*) PN16 DN 25. Il materiale scelto è una delle ultime evoluzioni del polietilene e garantisce una resistenza alle sollecitazioni esterne, in particolare ai rischi di frattura connessi alla natura del sottosuolo ed alle modalità di installazione, notevolmente superiore al polietilene tradizionale. In installazioni di questo tipo, dove le sollecitazioni

Campagna GRT

Sono stati effettuati 2 **test di risposta termica del sottosuolo o GRT (Ground Response Test) sulle sonde geotermiche**. Entrambi i test hanno evidenziato in primo luogo un gradiente geotermico di circa 6°C/100 m, il doppio rispetto a quello che viene considerato il gradiente geotermico medio terrestre, probabilmente a causa della vicinanza con l'area geotermica Larderello-Radicondoli-Travale (< 30 km), caratterizzata da gradiente geotermico fortemente anomalo ($\approx 10^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$).

La conducibilità termica si rivela più elevata di quanto previsto precedentemente dai dati di letteratura con un valore di circa 2,5 W/(mK). Inoltre, **la resistenza termica della sonda di 0,08 mK/W evidenzia l'ottimo accoppiamento sonda-riempimento-terreno ottenuto mediante l'utilizzo di materiali di riempimento appositamente studiati per la geotermia e grazie ad una cementazione effettuata secondo lo stato dell'arte.**

La cementazione è infatti avvenuta iniettando in pressione il materiale



attraverso un tubo d'iniezione calato nel foro insieme alla sonda. Risalendo in pressione dal fondo del foro fino alla superficie del piano campagna, il materiale riempie completamente il volume perforato, assicurando il perfetto accoppiamento tra la sonda e il terreno circostante ed evitando la presenza di spazi vuoti all'interno del foro. Infine, su ogni sonda, come di consueto, sono stati effettuati collaudi in pressione e di circolazione per verificare eventuali rotture, ostruzioni o piegature dei tubi, e per permettere il successivo bilanciamento dei circuiti sonde-centrale.



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



TREVI S.p.A.
Divisione RODIO