

PIZZAROTTI IN UN PROGETTO DI GRANDE LEVATURA INTERNAZIONALE

Un po' di Italia A MARSIGLIA

Eccellenza ingegneristica, flessibilità operativa e tecnologia d'avanguardia: ecco i punti di forza che hanno permesso all'impresa Pizzarotti di interpretare un ruolo di primo piano nel progetto per la realizzazione a Marsiglia di un terminal per la ricezione di gas. Vediamo da vicino i dettagli

MARCO COSTA, MATTEO MANTOVANI E BRUNELLA CONFORTINI

Nell'ambito del progetto aggiudicato alla cordata di imprese Saipem-Sofregaz-Tecnigaz per la realizzazione a Marsiglia di un terminal per la ricezione di gas proveniente dall'Algeria, l'impresa Pizzarotti insieme con la Bentini ha ottenuto l'appalto per la realizzazione di una parte dei lavori: quella che concerne la realizzazione della maggioranza delle opere civili e di alcune opere marittime. Il terminal si trova sulla riva del mare,

all'interno di un sito industriale a 50 Km ad ovest di Marsiglia: una posizione strategica, visto che consente di utilizzare l'acqua di mare come scambiatore di calore.

Per soddisfare questa esigenza è stata progettata dal committente una presa d'acqua, la cui realizzazione ha presentato alcune particolarità nella costruzione: da un lato il ridotto spazio per effettuare il lavoro (il sito è stato ricavato da una piattaforma in sabbia e argilla all'in-

terno di un canale marino, con una quota appena superiore ad 1 m s.l.m., di una lunghezza di circa 40 m e di una larghezza di circa 60 m); dall'altro gli accorgimenti che sono stati usati in fase di realizzazione sia in termini di sicurezza che di procedure di esecuzione del lavoro, dato che ci si trova all'interno di una zona di stoccaggio del petrolio con relativi problemi (riservatezza del sito, sicurezza e prevenzione incendio, procedure di accesso al sito).



La realizzazione della presa d'acqua ha previsto una serie di fasi lavorative che necessariamente, visti gli spazi ridotti, sono stati in serie:

- lavori di sterro della piattaforma;
 - realizzazione della recinzione del cantiere;
 - costruzione dei micropali;
 - posa delle palancole e dei pali in acciaio;
 - montaggio delle traverse - esecuzione dei bulloni d'ancoraggio;
 - lavori di sterro nella diga provvisoria;
 - gettata di calcestruzzo in subacqueo;
 - pompaggio dell'acqua;
 - finiture in calcestruzzo;
 - opere in cemento armato (prima fase);
 - rinterro della diga provvisoria;
 - estrazione delle palancole e dei pali in acciaio dal lato dell'aspirazione dell'acqua;
 - lavori di tunnelling;
 - opere in cemento armato (seconda fase);
 - lavori di finitura;
 - dragaggio del canale;
 - estrazione delle palancole e dei pali in acciaio dal lato del canale.
- Vediamo ora da vicino le più significative fra queste fasi.



Posa delle palancole

La prima fase è stata quella di infissione delle palancole (n.242) all'interno della piattaforma: questa lavorazione in un primo momento doveva essere realizzata con il metodo tradizionale, ovvero attraverso una gru con un "vibroinfissore" in testa che permettesse di posare le palancole nel terreno. Tuttavia questa soluzione presentava alcuni inconvenienti non trascurabili, primo fra tutti quello di non garantire un'elevata precisione nella posa del materiale dato lo spazio limitato e l'estrema vicinanza (circa 10 cm) tra l'opera civile ed il palancole. A seguito di ciò, dopo un giro di opinioni tecniche, si è pensato di optare per una soluzione diversa, seguendo il suggerimento della società genovese Geotunnel che ha proposto di realizzare l'opera con l'ausilio di una macchina della Bauer dotata di un sistema per "fermare" le palancole e vibroinfiggerle nel terreno con una precisione di una qualche decina di millimetri. Va aggiunto che con questo sistema la produzione della posa è stata raddoppiata rispetto al metodo normale, la cui resa ovviamente varia in funzione delle caratteristiche del terreno.



I materiali e le attrezzature previste per l'opera erano: una macchina universale per la perforazione e lo scavo (RG 18 t), un vibro-infissore (MR100V-02), palancole tipo ARBED PU22, acciaio S355GP di 14 m di lunghezza e un rivestimento Baltoflake de Jotun.

I fori non sono stati eseguiti perché il terreno si presentava molto soffice e, dato che la macchina risulta essere molto potente, è bastato infiggere direttamente le palancole (per ovvi motivi legati al risparmio di tempo).

Una breve notazione va anche posta sul rivestimento delle palancole, che ha avuto luogo nell'officina di fabbricazione, secondo una particolare procedura messa a punto con il raggruppamento Bentini-Pizzarotti.

Tutte le palancole definitive sono state collegate l'una all'altra attraverso un procedimento di saldatura, mentre le sponde non direttamente collegate alla diga provvisoria sono state connesse a quest'ultima attraverso dei cavi elettrici.

I collegamenti dei cavi di potenziale negativo, dei cavi di test e dei cavi delle sponde sono stati eseguiti nella maniera seguente:

- collegamento tipo Cadweld fra il cavo e una barra dell'armatura del cemento armato di diametro 16-20;
- collegamento dell'acciaio dell'armatura con la palancole tramite saldatura a elettrodo.

Micropali

La seconda fase è stata quella relativa alla posa dei micropali necessari a stabilizzare il fondo dello scavo: i micropali sono stati progettati per resistere alla trazione in modo tale da evitare le spinte dovute all'acqua, dato che ci troviamo ad una profondità di -9 m s.l.m. Anche in questo caso le ipotesi iniziali sono state modificate; all'inizio infatti era prevista la posa di 24 micropali di $D_e = 140$ mm e di lunghezza pari a 9 m, da eseguire con una macchina tradizionale, che prima scava il foro, poi cola il calcestruzzo per mantenere in piedi lo scavo e che infine, al termine delle operazioni, pone



l'armatura all'interno del calcestruzzo. Disponendo già della macchina Bauer per l'infissione delle palancole si è tuttavia deciso di utilizzarla anche per la posa dei micropali, con un unico inconveniente: ovvero che essa, per "gettare" il palo, non riesce a scendere oltre i - 18m (contro i - 20 previsti). A seguito di ciò si è deciso di rimodulare il calcolo della fondazione, arrivando alla posa di 32 pali con un De 530 mm ed un'altezza pari a 6 m; tutto ciò senza alterare la tenuta della nuova fondazione. Il passaggio successivo è stato infine quello di rendere stabile il palancolato una volta iniziato lo scavo, attraverso l'utilizzo di alcune putrelle (4) ancorate alle pareti delle palancole in posizione rettangolare. Le putrelle sono state saldate alla struttura previo apposito calcolo di stabilità; per facilitarne il posizionamento si è operato prima di effettuare lo scavo. Con le putrelle si è lavorato nel seguente modo:

- gli acciai centrotori e d'aggancio sono stati saldati alle putrelle in serie da 4 a 90 gradi l'uno dall'altro, a distanza di ogni metro nella parte cementata (parte bassa)

e di 2 metri dalla testa delle putrelle stesse;

- saldatura alla testa d'aggancio del calcestruzzo in subacqueo, costituita da una lastra in acciaio di dimensioni 40 cm per 16 cm (superficie 640 cm²). Il calcestruzzo in subacqueo, spinto verso la lastra, è stato sottoposto ad una pressione di $75.000 \text{ kg}/640 \text{ cm}^2 = 117 \text{ kg}/\text{cm}^2 =$

11.5 Mpa. La testa d'aggancio è stata saldata alle putrelle con una lunghezza totale di 75 cm all'incirca di cordolo di saldatura di sezione 10-10;

- prolunga di manutenzione delle putrelle, costituite da due acciai d'armatura per cemento armato di diametro 16, fissati per saldatura.

Una volta conclusa la fase relativa alle putrelle si è passati al getto del calcestruzzo, che è stato colato attraverso un lungo tubo di betonaggio di diametro pari a 100/120 sui micropali. I tubi d'armatura sono stati poi estratti, dopo aver rimesso a posto tramite saldatura la lastra di manutenzione: l'estrazione ha avuto luogo subito dopo la fine del getto (max 30 min), in modo che il calcestruzzo fresco potesse occupare tutti gli spazi vuoti del terreno che lo circondava. Tramite una gru si è regolato poi il livello dell'armatura: questa regolazione è stata necessaria per avere la certezza che la testa di aggancio del calcestruzzo in subacqueo fosse effettivamente ad un livello inferiore di 10-15 cm rispetto a quello di estradosso dello stesso. La regolazione può essere fatta soltanto dal basso





verso l'alto. Le putrelle devono dunque trovarsi al livello giusto oppure ad un livello più basso. Si è proceduto infine al rinterro della parte vuota del foro.

Quanto allo scavo esso non ha presentato particolari problemi di realizzazione e ha costituito principalmente un passaggio obbligato verso la fase successiva, quella della gettata del cemento in subacqueo, fase che è stata operata da una società che ha brevettato un sistema particolare garantendo risultati efficaci.

Il sistema di getto è stato effettuato attraverso una serie di fasi successive: una volta in acqua il cts è stato posato a strati per garantirne il livello costante, grazie anche ad un apposito galleggiante preposto al monitoraggio del cls.

Lo spessore del "tappo" era di circa 2 m; esso era ancorato ai pali già presenti sulla piattaforma.

Marco Costa

Classe 1974 si è laureato in ingegneria civile con indirizzo geotecnico presso l'università di Parma. Ha maturato le prime esperienze nel settore della progettazione geotecnica, in particolare nelle analisi di rischio frane. Da due anni lavora con l'impresa Pizzarotti nel campo della pianificazione, in qualità di addetto presso il cantiere Catania-Siracusa e di responsabile in quello di Fos sur Mer (Marsiglia).

Collabora anche con la commissione impianti della Federazione Italiana Tennis come consulente tecnico.

Matteo Mantovani

Classe 1969, si è laureato in ingegneria civile con indirizzo strutture presso l'università di Bologna. Ha cominciato a lavorare in CMC come addetto all'ufficio tecnico in Etiopia ed in Francia. Dal 1998 è in forza presso l'impresa Pizzarotti nel settore qualità con varie esperienze maturate all'estero ed in Italia. Ad oggi è il responsabile della qualità presso il cantiere di Fos sur Mer (Marsiglia).

Terminata questa operazione, la parte più difficile dell'intervento era conclusa, dato che, una volta asportata l'acqua dalla zona di lavoro, rimanevano da costruire le opere civili in cemento armato, vale a dire un fabbricato posto su 2 livelli su cui si andranno a posizionare i tunnel in cui entrerà l'acqua che approvvigionerà l'impianto.

Lavori di sterro nella diga provvisoria

I lavori di sterro nella diga provvisoria sono stati eseguiti da un'impresa subappaltatrice di Pizzarotti-Bentini. I materiali e le attrezzature necessarie per questa fase del lavoro erano: una pala meccanica, una pala meccanica con braccio lungo, una gru mobile con benna e due camion.

Questi lavori prevedevano lo sterro, attraverso la pala, di un metro circa di profondità su tutta la superficie dell'area, fino al livello di posa delle traverse.

Si è poi proceduto alla pulizia delle palancole ed a uno scavo accurato attorno ai tubi d'armatura dei micropali. Il terreno scavato è stato stoccato sulla piattaforma di lavoro, al fine di lasciarlo asciugare prima di portarlo nel deposito di stoccaggio all'interno del sito. Lo stoccaggio e lo smistamento sono stati poi eseguiti seguendo la procedura specifica.

Pompaggio

Lo svuotamento della diga provvisoria è stato eseguito tramite pompaggio. Duran-

te la fase di sterro è stato scavata anche una fossa nel terreno del canale d'alimentazione della presa d'acqua (lo sterro del canale verrà eseguito successivamente). Le acque sono state pompate in questa fossa permeabile e da lì passeranno nel terreno per percolazione attraverso la piattaforma. Le sostanze in sospensione saranno trattenute nella fossa. Una volta che la diga provvisoria era vuota, una pompa è stata comunque mantenuta in funzione sul fondo, per evitare problemi in caso di infiltrazioni d'acqua attraverso il tappo del fondo. I tubi d'armatura dei micropali sono stati tagliati al cannello per la parte che eventualmente fuoriusciva dal calcestruzzo in subacqueo.

Tenuta stagna

Nel caso in cui le infiltrazioni fra le palancole/pali e il tappo di calcestruzzo siano significative, tali cioè da mettere a rischio la buona riuscita dei lavori nella diga provvisoria, ci si preoccuperà di assicurarne la tenuta stagna. È stato previsto di eseguire una serie di fori di piccolo diametro (2-4 cm) nel calcestruzzo in subacqueo, iniettando in seguito a pressione un prodotto in grado di assicurare la tenuta stagna.

Finiture in calcestruzzo

Quando la diga provvisoria è stata svuotata, si è passati alle finiture, allo scopo di:

- regolare la superficie di estradosso del calcestruzzo in subacqueo;
- creare un piano pulito e liscio;
- raggiungere il livello di progetto per la partenza delle strutture della presa d'acqua.

Il geometra topografo ha fissato sul calcestruzzo in subacqueo 3 picchetti in acciaio. Questi picchetti sono rimasti al loro posto senza interruzioni almeno fino alla fine del getto delle finiture in calcestruzzo. Utilizzando questi picchetti si disponeva di un sistema di punti di riferimento per il momento del getto, che è stato eseguito attraverso un'apposita pompa. La regolazione dell'estradosso invece ha previsto l'uso di righelli in legno o alluminio,

seguendo i punti di riferimento definiti in precedenza.

Dopo il getto e prima di ogni lavoro successivo i livelli delle finiture sono stati controllati dal topografo.

Lungo tutto il perimetro della diga provvisoria è stato poi realizzato un canaletto di scolo di captazione delle infiltrazioni che terminava in un pozzo di raccolta delle acque con una pompa.

Note di trasporto e stoccaggio

È stato vietato lo stoccaggio dell'acciaio d'armatura o delle gabbie sulla terra nuda. Lo scarico degli acciai d'armatura è stato autorizzato soltanto dopo la preparazione dell'area di stoccaggio che poteva essere sistemata nei modi seguenti:

- posa sul terreno di uno strato di geotessile;
- predisposizione di pavimentazioni in legno;
- altro sistema d'appoggio sopraelevato da terra.

Le barre d'armatura e le gabbie sono state posate manualmente o tramite autogrù, mentre la loro messa in opera si è svolta in due fasi.

1) Sistemazione delle armature tramite legature. Una volta terminata questa fase il capocantiere ha avvisato il responsabile di qualità che ha eseguito i seguenti controlli:

- rispetto dei diametri utilizzati;
- rispetto delle sovrapposizioni;
- rispetto dei rivestimenti;
- tipo e numeri dei puntelli;
- rispetto delle geometrie in rapporto ai piani.

Una volta terminati questi controlli l'incaricato della qualità ha autorizzato il capocantiere a procedere alla seconda fase.

2) Sistemazione delle armature tramite saldature, sistemazione dei collegamenti fra gabbie, esecuzione dei collegamenti e montaggio dei materiali di protezione catodica.

Una volta terminata la seconda fase il capocantiere ha informato ancora un volta l'incaricato di qualità che ha proceduto all'esecuzione dei controlli necessari.

Un ringraziamento particolare va all'Ing. Pierluigi Giacomelli (Project- Manager), ai capi cantiere Geom. Marco Brugnoli e Geom. Giovanni Turro e all'Ing. Massimiliano Bringiotti di Geotunnel, rappresentante per l'Italia di Bauer.

