



8° IAGIG INCONTRO ANNUALE GIOVANI INGEGNERI GEOTECNICI

Udine, 18-19 Maggio 2018

Aula 1 Polo Economico di Via Tomadini, 30/a – Udine

ATTI DEL CONVEGNO

Comitato organizzatore:

Francesca Ceccato (*presidente*)

Alberto Bisson, Laura Carbone, Luca Esposito, Federico Fiorelli, Giuseppe Maria Gaspari,
Antonino Milazzo, Francesco Ottoboni, Nicolò Spiezia, Diego Valusso

Comitato scientifico:

Sara Amoroso
Gabriele Della Vecchia
Raffaele Di Laora
Luca Masini



www.iagig.unisa.it



[iagig@
associazionegeotecnica.it](mailto:iagig@associazionegeotecnica.it)



twitter.com/iagig2018



IAGIG – Incontro
Annuale dei Giovani
Ingegneri Geotecnici



IAGIG – Incontro
Annuale dei Giovani
Ingegneri Geotecnici



iagig.wordpress.com

INDICE

Sessione 1: Modellazione geotecnica

Benetello C., Brezzi L. <i>Comportamento cinematico al collasso di miscele coesive</i>	6
Brezzi L., De Fanti F. <i>Effetti del contenuto granulare di miscele coesive e granulari sul comportamento di un debris flow in piccola scala</i>	10
Burali D'Arezzo F. <i>Soil characterisation for the new offshore-onshore port system in Venice</i>	14
Cavalca E., Carri A., Savi R. <i>Validazione per mezzo di analisi numeriche di una strumentazione innovativa per il monitoraggio delle misure di convergenza in scavi in sotterraneo</i>	18
De Sarno D., Pappalardo L., Ramondini M., Vitale E. <i>Resistenza meccanica e conducibilità idraulica di cementi cellulari per applicazioni geotecniche</i>	22
Di Rollo R., Amoroso S., Monaco P. <i>Modellazione numerica del blast test di Mirabello (FE): dati di input ed ipotesi di calcolo</i>	26
D'Ignazio M. <i>Impatto della qualità dei campioni sulla calibrazione di prove CPTU in argille sensibili</i>	30
Felici M., Domizi J., Fratalocchi E. <i>Consolidazione di sedimenti marini dragati: determinazione della legge di variazione della conducibilità idraulica</i>	34
Forlati G. <i>Tensile behaviour of clays spanning over cavities</i>	38
Girardi V. <i>Valutazione delle proprietà idromeccaniche lungo una faglia listrica con la modellazione agli elementi distinti</i>	42
Romeo D., Gragnano C.G. <i>Modellazione numerica agli elementi finiti di strutture di sostegno rinforzate con geosintetici</i>	46
Scelsi G. Della Vecchia G. <i>Una procedura analitica per stimare lo stato di sforzo in situ a partire da dati di scavo di pozzo</i>	50
Ventini R., De Silva F., Fabozzi S., Nappa V. <i>Potenzialità del processo BIM applicato a problemi geotecnici</i>	54
Ventini R., Flora A., Lirer S., Mancuso C. <i>Sviluppo di una cella triassiale per la caratterizzazione meccanica di un rockfill in condizione di parziale saturazione</i>	58

Sessione 2: Prestazioni delle opere geotecniche, aspetti progettuali, costruttivi e tecnologici

Bella G., Sacco S., Boasso D. <i>Analisi di differenti approcci per il calcolo della capacità portante di fondazioni superficiali</i>	64
Bringiotti M., Nicastro D., Di Bari A., Giauni F. <i>Il progetto e la costruzione di una piattaforma logistica di 130.000 mq (1 lotto) nel porto di Trieste; Icop & Liebherr, accoppiata vincente di organizzazione cantieristica, logistica e macchine potenti ed efficienti</i>	68
De Donà F. <i>La tecnica del Direct Pipe® per la posa di condotte in pressione</i>	72
Di Buò B., Lämsivaara T. <i>Calcolo della pressione di preconsolidazione di argille sensitive finlandesi mediante prove CPT</i>	76
Falanesca M., Merlini D. <i>Galleria di base del ceneri: aspetti progettuali e costruttivi degli scavi in condizioni geotecniche difficili</i>	80
Gaspari G.M. <i>Risk mitigation through the preliminary design process – The West Vaughan Sewage Servicing project in Canada</i>	84
Maca N., Szczygielski M. <i>Deep excavation support and micropile underpinnig as the way of creating a new space – Construction of the New Silesian Museum in Katowice</i>	90
Maione G., Esposito L. <i>Smart TFEG in transparent soil</i>	94

Michielin E., Tchamaleu Pangop F., Schenato L., Bergamo O., Bersan S., Cola S., Simonini P. <i>Analisi della risposta in esercizio di un palo CFA monitorato con fibre ottiche</i>	98
Ongaro F., Meriggi R. <i>Aspetti progettuali di fondazioni monopalo per turbine eoliche offshore</i>	102
Pedrin F., Alessandrini F., Fedrigo D., Valusso D. <i>Pali a mare: aspetti critici nell'esecuzione e nel controllo</i>	106
Redaelli I., Tomasin M. <i>Analisi del ruolo delle fondazioni sulla performance di macchine utensili</i>	110
Righetto G., Ceccato F., Tosi L., Simonini P. <i>Stima dei cedimenti a lungo termine attraverso prove CPT: caso di una diga foranea a Lido di Venezia</i>	114
Scarcella G., Addotto S. <i>Aspetti metodologici legati alla progettazione geomeccanica di un complesso di caverne in sotterraneo</i>	118
Tradigo F., Rama A., Raimondi L., Brambilla F. <i>Prova di carico su palo trivellato tramite cella Osterberg</i>	122

Sessione 3: Stabilità dei pendii, interventi di miglioramento e rinforzo

Bisson A., Lucchese Z., Tchamaleu F., Schenato L., Palmeri L., Cola S. <i>Studio delle prestazioni meccaniche degli ancoraggi compositi mediante tecnica OFDR</i>	128
Bossi G., Tedesco G., Schenato L., Marcato G. <i>Monitoraggio strutturale di un tunnel stradale che attraversa una grande frana attiva (Passo della Morte, Forni di Sotto, UD)</i>	132
Carbone L., Syllwasschy O. <i>Uranium ore tailings ponds remediation in extreme soft subsoil: a German case study</i>	136
De Gregorio S., Savoca A., Petroccelli G., Giaffrida D. <i>Studio geotecnico ed idraulico finalizzato al dimensionamento di opere di difesa idrogeologica nella frazione Acquavena del comune di Roccagloriosa (SA)</i>	140
Della Mea A., Del Fabbro M., Meriggi R. <i>Stabilizzazione del terreno di fondazione di un rilevato mediante Cutter Soil Mixing</i>	144
Di Polito V., Cuomo S., Frigo L. <i>Un caso di stabilizzazione di un pendio tramite geosintetici</i>	148
Flessati L., Orfano M., Zerbi M., Di Prisco C. <i>Analisi dell'influenza della disposizione dei rinforzi sulla risposta meccanica di fronti di gallerie realizzate in materiale coesivo</i>	152
Mizzoni M., Giannella G., Virgili F. <i>Valutazione degli effetti del confinamento sulla stabilità di pilastri di cave di pozzolana</i>	156
Olimpio A., Cacciavillani F. <i>Modellazione della calcarenite applicata ad un caso reale</i>	160
Pol A., Brezzi L., Ceccato S., Gabrieli F., Cola S., Lorenzetti G. <i>Fotogrammetria digitale per il monitoraggio degli spostamenti di versanti instabili</i>	164
Scarpa C., Tassi T., Gorghetto A., Russo L.E. <i>Terre rinforzate con geogriglie in PVA e paramento in pietra nello svincolo stradale di Visinale (PN)</i>	168
Sergeant D., Rabuffetti A.S. <i>Alcuni temi in merito all'analisi ad elementi finiti dei pendii</i>	172

Sessione 4: Geotecnica sismica

Alleanza G.A. <i>Confronto fra due codici di calcolo bidimensionali per analisi di risposta sismica locale: il caso studio di Pretare (Arquata del Tronto)</i>	178
Alleanza G.A., Chiaradonna A. <i>Previsione degli effetti di non linearità dei terreni: confronto tra codici di calcolo per analisi 1D di risposta sismica locale</i>	182
Bella G., Musso G., Azizi A. <i>Resistenza a liquefazione statica di rifiuti minerari in condizioni non sature</i>	186
Caputo G., Conti R. <i>Metodi di equilibrio limite per il dimensionamento sismico di paratie ancorate</i>	190
Catalano E., Stucchi R., Crapp R. <i>Sulla sicurezza delle dighe tipo CFRD in condizioni sismiche</i>	194
Chiaradonna A., Celso Carni M.G. <i>Analisi numerica del comportamento sismico di fondazioni superficiali su terreno liquefacibile</i>	198

Dimichele L., Amoroso S., Minarelli L., Fazzini M. <i>Studi di microzonazione sismica per il comune di Pietracamela (TE): esempio di analisi di risposta sismica locale</i>	202
Gerosa S., Özcebe A.G. <i>Liquefaction susceptibility assessment and its impacts for a railway embankment system</i>	206
Iovino M., Di Laora R., De Sanctis L. <i>Effetto filtro esercitato dai pali: evidenza sperimentale da prove in centrifuga</i>	210
Papa V., Pagliaroli A. <i>Norme tecniche per le costruzioni: valutazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica da analisi di risposta sismica locale su depositi ideali</i>	214
Salvatore E., Ciardi G., Proia R. <i>Iniezioni a bassa pressione di miscele a base di nanosilice colloidale per la riduzione della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie</i>	218
Tomasello G., Porcino D.D., Diano V. <i>The effect of a static shear stress on the undrained cyclic response of sand with non plastic fines</i>	222

SESSIONE 2

PRESTAZIONI DELLE OPERE GEOTECNICHE, ASPETTI PROGETTUALI, COSTRUTTIVI E TECNOLOGICI

IL PROGETTO E LA COSTRUZIONE DI UNA PIATTAFORMA LOGISTICA DI 130.000 MQ (I LOTTO) NEL PORTO DI TRIESTE; ICOP & LIEBHERR, ACCOPPIATA VINCENTE DI ORGANIZZAZIONE CANTIERISTICA, LOGISTICA E MACCHINE POTENTI ED EFFICIENTI

Massimiliano Bringiotti, Davide Nicastro (info@geotunnel.it)
Geotunnel Srl

Alice Di Bari (a.dibari@imgeco.net), Francesca Giauni (f.giauni@imgeco.net)
Imgeco Srl

ABSTRACT. Il porto di Trieste è il collegamento marittimo più favorevole per la movimentazione delle merci in direzione Sud-Est fino al corridoio Nord, Centro ed Est Euro per il quale è stato rilevato un considerevole aumento delle quantità delle merci. Una nuova piattaforma logistica è stata progettata quindi per circa ¼ di un milione di metri quadrati in mare per caricare e scaricare navi RO-RO, container e vari materiali. Un molo sospeso sul mare di ca. 150.000 metri quadrati è stato progettato e sarà realizzata anche una discarica sottomarina da 1.000.000 di metri cubi. I lavori principali previsti sono: consolidamenti e opere di fondazione, costruzione di diaframmi di contenimento a prova d'acqua (tecnica mista Cutter Soil Mixing e palancole), opere di fondazione per deviazione del fiume (pali secanti), trincee di drenaggio e lavori di palificazione in mare aperto. Particolare è inoltre la progettazione e l'utilizzo di una tecnologia speciale in grado di realizzare pali marini profondi e di grande diametro e le peculiarità delle attrezzature di sollevamento in grado di erigere l'enorme pontile sospeso sul mare.

1. INTRODUZIONE

L'intervento per la realizzazione delle opere di primo stralcio funzionale della piattaforma logistica nel porto di Trieste consiste nell'infrastrutturazione della zona racchiusa fra lo Scalo Legnami, l'ex Sidemar e l'ex Italsider, compreso il raccordo tra la banchina della cassa di colmata (attualmente in fase di avanzata realizzazione) e la nuova fascia Nord dello Scalo Legnami, il raccordo tra la medesima e l'area della Ferriera di Servola; l'intervento è parte di un più ampio progetto, quello della Piattaforma Logistica a Trieste (Fig. 1).

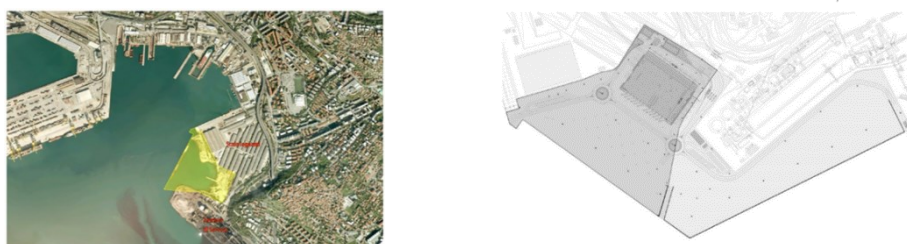


Figura 1. Vista aerea delle aree interessate dalle opere di primo stralcio e progetto complessivo (I e II stralcio) della Piattaforma Logistica di Trieste

2. ASPETTI GEOLOGICI

Si tratta, sostanzialmente, di terreni di riporto di origine antropica utilizzati per le opere di interrimento di tratti di mare eseguite in tutto il comprensorio portuale di Trieste dall'inizio dell'800. Il complesso geologico di base che fa da riferimento all'intera zona è quello dei Flysch di Trieste sul quale sono sovrapposti più recenti complessi sedimentari quaternari di origine diversa. Il complesso Flyschoides risulta contraddistinto da un'alternanza ritmica di strati arenacei e marnosi di spessori variabili. Sovrastante il Flysch integro è presente un livello alterato, avente potenza variabile, noto con il nome di "crostello" o "cappellaccio", nel quale i litotipi arenacei si presentano variamente alterati, mentre le marne sono ridotte a limi argillosi di consistenza per lo più plastica. Le caratteristiche fisiche e meccaniche di tali termini risultano estremamente variabili ed evidenziano il succedersi nel tempo di differenti ambienti di sedimentazione, da continentale a marino. Sulla base di una accurata analisi dei sondaggi

disponibili sono stati aggiornati gli schemi stratigrafici di riferimento delle aree interessate dagli interventi; in Fig.2 è rappresentata la sezione geologica-interpretativa G-G'.

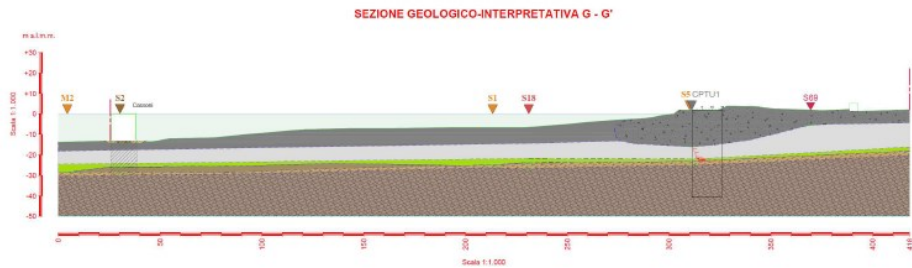


Figura 2. Sezione G-G' geologica-interpretativa di progetto

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE MARITTIME E STRUTTURALI

Il contenimento dei materiali di dragaggio non pericolosi utilizzati per il riempimento della cassa di colmata viene assicurato mediante i seguenti interventi:

- Realizzazione di una parete combinata pali - palancole a sud e parzialmente ad ovest dell'area di intervento
- Realizzazione di un diaframma plastico posto perimetralmente all'area di intervento, connesso alla parete combinata pali – palancole
- Dai cassoni anteriori esistenti opportunamente impermeabilizzati e dalla realizzazione di un palancolato anteriore ai cassoni stessi e ad essi parallelo e collegato alla parete combinata (lato ovest, fronte mare)

I principali dati numerici dell'intervento sono:

- Area complessiva in concessione: ~ 12.3ha
- Lunghezza banchina: 431 m
- Un attracco Ro – Ro fisso (possibile allestimento di un secondo attracco mobile grazie al fissaggio di un pontile galleggiante)
- Area banchina pensile da realizzare su pali e piastre: 74.350 m², compresi i 3.050 m² ca. corrispondenti allo sporgente Ro-Ro esterno al perimetro della cassa di colmata
- Capienza della cassa di colmata sotto la banchina pensile: oltre 500.000 m³, di cui circa 80.000 m³ utilizzati in fase di costruzione per la collocazione dei materiali compatibili provenienti dalla trivellazione dei pali e dei dragaggi tecnici funzionali alla costruzione delle opere e dei vari salpamenti

I fondali lungo la linea che costituirà la nuova banchina hanno una profondità che varia tra i 10 ed i 13 metri s.m.m. e solo in adiacenza dello Scalo Legnami sarà necessario il dragaggio di livellamento alla profondità di progetto: da tale attività deriveranno circa 15.700 m³ non pericoloso e perciò compatibile con la ricollocazione in cassa di colmata.

I fondali lungo la linea che costituirà la nuova banchina hanno una profondità che varia tra i 10 ed i 13 m s.m.m. e, solo in adiacenza dello Scalo Legnami, sarà necessario un piccolo scavo di livellamento alla profondità di progetto. La quota della nuova banchina, lungo il bordo di accosto, è pari a 3,10 m s.m.m.: all'interno la quota è variabile per consentire la raccolta delle acque meteoriche.

4. PALI TRIVELLATI

La soletta che in definitiva costituisce il piano operativo della piattaforma logistica (Fig.3) è appoggiata su 864 pali di cui 793 sono Ø 1.270 mm e 71 sono Ø 1.100, tutti intestati sul flysch inalterato.

Oltre ai pali trivellati vi sono inoltre altri 55 pali in acciaio spiralato per la realizzazione delle pareti combinate (king piles Ø 1.626 mm, sp. 18 mm di lunghezza variabile tra 18 e 39 m con interposte AZ 17-700 estese almeno fino a immergersi nel top coesivo).

Nella zona dell'accosto Ro-Ro sono inoltre realizzati pali secanti (Ø 880) di lunghezza variabile 16÷23 m, per la realizzazione della zona di scarico del torrente Baiaumonti. La medesima tecnologia viene adottata in sostituzione del diaframma in CSM in alcuni tratti di sponda in cui la presenza di trovanti o la ristrettezza degli spazi a disposizione ne renderebbero dubbia o problematica la realizzazione.

Tramite i pali Ø 1.270 mm si realizza una maglia principale di 10×10m che viene successivamente coperta tramite un impalcato di banchina realizzato con una soletta monolitica in c.a. post-teso.

Si individuano delle nervature ribassate (travi principali), in cui lo spessore del manufatto è, compreso il cassero prefabbricato a perdere, di 1,00 m, poste in appoggio sul sistema di pali. Tra queste il solaio presenta spessore di 0,75 m (sempre compreso lo spessore del cassero prefabbricato a perdere). Nella zona antistante al mare, per assorbire le elevate azioni trasmesse dalle imbarcazioni (urto, bitte) lo spessore delle travi passa a 1,56 m, e quello della soletta a 1,36 m.

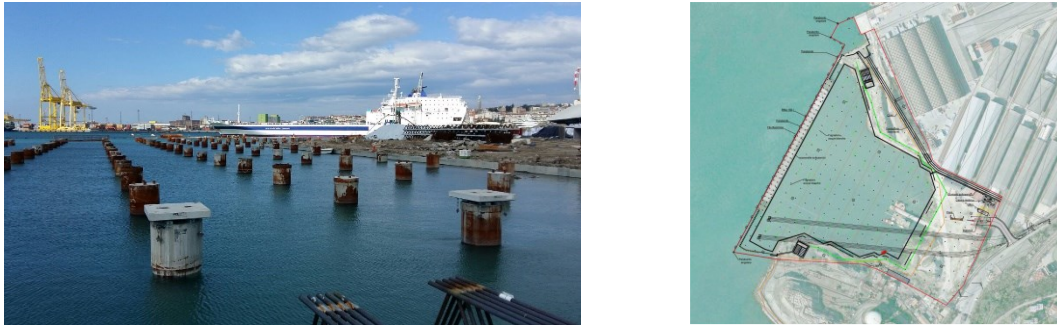


Figura 3. Palificazione d'appoggio per la piattaforma e dettaglio degli interventi tipologici di progetto

5. L'ATTREZZATURA DI PERFORAZIONE SU PONTONE: LB36-410

Icop S.p.A per le perforazioni a mare su pontone ha deciso, prima in Italia con questo modello, di affidarsi ad una macchina per fondazioni Liebherr LB36-410; i dati standard tecnici di massima sono:

- Peso operativo: 115 t - tale parametro ha la sua importanza poiché la stabilità dell'intero gruppo di lavoro presenta uno stretto legame con la stazza dell'attrezzatura e di tutti i componenti => maggior peso, maggior rigidità, minori vibrazioni e di conseguenza minori deviazioni e rischi di interferenza con i pali attigui (oltre minori possibili rotture per fatica).
- Potenza motore: 390 kW - è un dato che lega chiaramente tutte le funzioni idrauliche del mezzo; avere maggior potenza significa non solo essere più veloci in tutte le funzioni ma anche avere maggior riserva in situazioni potenzialmente critiche cioè, ad esempio, a profondità elevate (in doppia testa), con forti attriti laterali (caso dei materiali a matrice sabbiosa), con colonne di perforazioni pesanti e cariche di materiale
- Consumi: l'esuberanza in kW comporta avere un motore che lavora ad un regime più basso, pur avendo una scorta di potenza. LWN ha sviluppato motori a basso consumo con un innovativo concetto chiamato ECO-Mode in grado di limitare i consumi di gasolio; in sintesi, trattasi di un motore di nuova generazione ed un sistema elettronico che disconnette tutti i servizi idraulici quando non impiegati.
- Emissioni acustiche: anche in questo caso è stato sviluppato un sistema ad hoc chiamato ECO.SILENT-Mode; è una funzione che quando attivata dall'Operatore riduce il numero di giri del motore e della ventola di raffreddamento, garantendo una riduzione significativa di dB, intervenendo marginalmente sulle prestazioni di erogazione di potenza.
- Coppia massima: 410 KNm - Tale dato è il più significativo per una macchina da pali, ne definisce normalmente la classe; LWN ha sviluppato, unica al mondo, una classe di rotary a cambio continuo, il che si traduce principalmente in un funzionamento molto più regolare, senza pericoli di stallo, maggiormente performante con vantaggi rilevanti dal punto di vista manutentivo (mancanza di lubrificazione separata, minori organi di usura, ...).
- Geometria del braccio: Liebherr ha progettato una robusta cinematica con un pantografo ad H disegnata ad hoc, che garantisce un paio di vantaggi indubbi: la rigidità del sistema in qualsiasi posizione di lavoro e la possibilità di avere un movimento relativo asse ralla / asse palo > 1 m, il che genera ulteriori 2 vantaggi:
 - a) La possibilità di raggiungere posizioni di lavoro maggiormente lontane dall'asse ralla, per cui necessità di minori movimenti, e capacità di coprire posizioni di lavoro complesse (quali i pali d'angolo o pali che interferiscono con geometrie od ingombri presenti in zona operativa per un qualsiasi motivo).
 - b) La possibilità di gestire i rivestimenti senza spostare la macchina, situazione interessante per la serie di pali singoli da 1.000 mm che verranno eseguiti in modalità kelly + rivestimenti.

Tutte queste considerazioni per affermare che la cinematica ad H di Liebherr (Fig.4) è maggiormente vantaggiosa, soprattutto in lavori metropolitani, rispetto ad una a V.

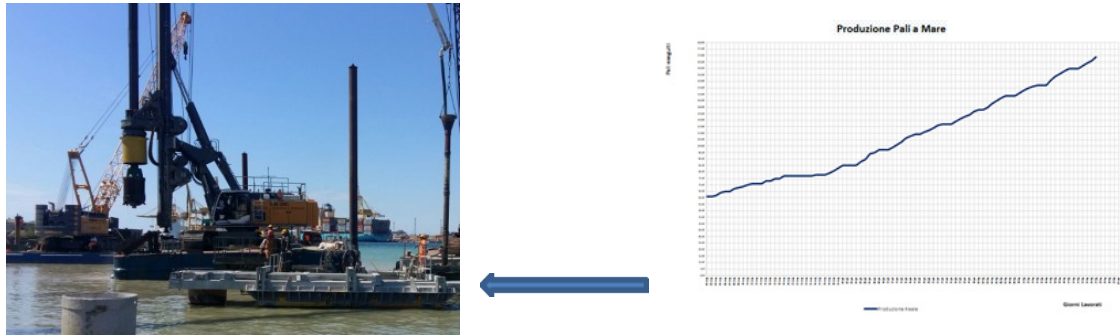


Figura 4. Particolare della perforazione da pontone e delle dime idrauliche e grafico di produzione media

6. LE ATTREZZATURE DI SOLLEVAMENTO

Per quanto riguarda il sollevamento sono presenti principalmente 2 tipologie di gru.

La classica HS855, gru cingolata della categoria “heavy duty” da 120 ton di tiro, 114 ton di peso operativo e 450 kW di potenza. Viene utilizzata per vari lavori dal sollevamento dei rivestimenti e dei tubi all’utilizzo di potenti vibrator per l’infissione di camicie o palancole.

Ma la vera regina del cantiere è la nuova LR1300 (Fig. 5), gru cingolata da 290 ton, con 300 ton di tiro e motore da 390 kW. La macchina, pur avendo dimensioni ragguardevoli, è di facile trasporto ed è progettata in modo da potersi assemblare in maniera autonoma.

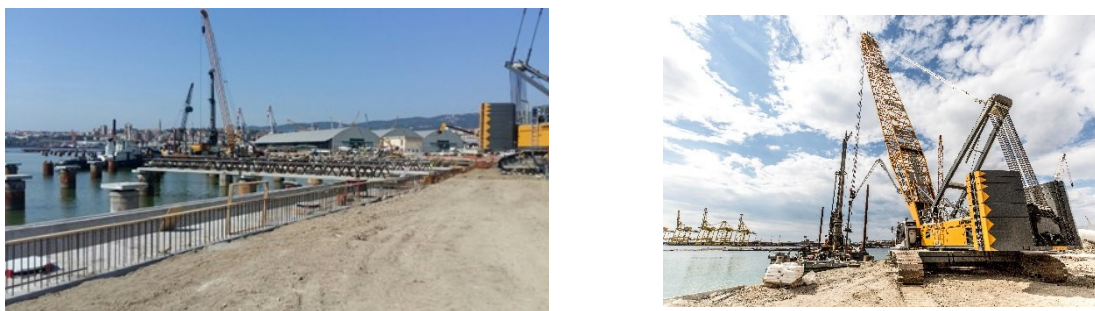


Fig. 5. LR1300 ed LB 36 al lavoro

Viene utilizzata per la posa dell’impalcato; tale attrezzatura presenta le seguenti caratteristiche:

- Lunghezza braccio: 50 m
- Peso di lavoro: 12 ton
- Angolo del braccio: 34,88°
- Distanza di posa: ca. 40 m
- Scarico massimo a terra nella posizione più gravosa 6 kg/cm²

Con tali valori è stato verificato il dimensionamento della piattaforma da posare e, soprattutto, sono state progettate e dimensionate le lastre da posare, ottimizzandone le superfici e di conseguenza minimizzando tempi di posa ed i costi di realizzazione.

7. BIBLIOGRAFIA

Bringiotti M, 2003, Consolidamenti e Fondazioni, Edizioni PEI, Parma, I
Bringiotti M., 2010, Geotecnica & Macchine da perforazione, Edizioni PEI, Parma, I
PLT, 16/12/2015, Progetto esecutivo primo stralcio, Relazione Generale