

**RASSEGNA TECNICA
DEL FRIULI VENEZIA GIULIA
& NOTIZIARIO INGEGNERI**

rt
NUOVA SERIE

382

IN QUESTO NUMERO

Il Consorzio per il nucleo di Industrializzazione della provincia di Pordenone

Alla Piattaforma Logistica di Trieste il premio AICAP 2020

I nuovi portali di Autovie Venete

Quis Custodiet Custodes? (prima parte)

La Strada ferrata della Pontebba

Considerazioni su un documento del 1978: Atlante della casistica e delle procedure

Terremoti di maggio e settembre 1976: 45 anni dopo



RASSEGNA TECNICA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA & NOTIZIARIO INGEGNERI

rt
NUOVA SERIE

382

ANNO LXXII - MAGGIO/GIUGNO 2021

DIREZIONE

GIORGIO DRI Direttore responsabile

REDAZIONE DELLA RASSEGNA TECNICA

Elio Candussi, Roberto Carollo, Vittorio Drigo,
Anna Frangipane, Giuseppe Longo, Elio Padoano,
Carlo Tomaso Parmegiani, Marco Pletti

REDAZIONE DEL NOTIZIARIO INGEGNERI

Roberta Mallardo, Elena Moro (coordinatrice)
Andrea Zagolin, Enrico Zorzi

EDITORE

Rassegna tecnica del Friuli Venezia Giulia s.r.l.
33100 Udine, via Monte San Marco, 56
C.F. e P. IVA n. 01339660308

CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE

Presidente: Antonio Nonino
Consiglieri: Antonino Colussi, Marino Donada, Vittorio Drigo,
Adriano Mansutti, Andrea Sarcinelli

SEDE

33100 Udine - via Monte San Marco, 56
e-mail: info@rassegnatecnicafv.it
web: www.rassegnatecnicafv.it

PROPRIETÀ

Associazione Ingegneri della Provincia di Udine
Associazione Ingegneri e Architetti della Provincia di Pordenone

STAMPA

Cartostampa Chiandetti
33010 Reana del Rojale (UD) - via Vittorio Veneto
tel. 0432 857054 - fax 0432 857712
e-mail: info@chiandetti.it

REGISTRAZIONI

Tribunale Udine n. 245 del 17.1.1970
Iscrizione al R.O.C. n. 1747

ISSN 2421-0889



Associato all'USPI
Unione Stampa Periodica Italiana

La rivista si riceve solo per abbonamento.

L'abbonamento annuo ordinario è di € 15,00 (costo copia € 3,00).
Modalità di pagamento: bonifico su c/c della Banca di Cividale
Filiale di Udine, via Cotonificio (IBAN IT36 805484 12303 CC0530418133),
intestato a Rassegna tecnica del Friuli Venezia Giulia s.r.l.
L'abbonamento annuo per gli iscritti agli albi professionali
degli Ingegneri è ridotto a € 10,00.

La pubblicazione di una memoria non implica riconoscimento
o approvazione dei giudizi espressi dagli autori.
Gli originali dei testi, i disegni e le fotografie, anche se non pubblicati,
non si restituiscono, salvo preventivi accordi con la direzione.

SOMMARIO

- 2 **Notizie flash**
- 4 **Filo diretto:**
**Il Consorzio per il nucleo di Industrializzazione
della provincia di Pordenone**
A CURA DI CARLO TOMASO PARMEGIANI
- 7 **Alla nuova Piattaforma Logistica di Trieste
il premio AICAP 2020**
FRANCESCO ALESSANDRINI, DARIO FEDRIGO, EROS MICHELIN,
FEDERICA PEDRINI, DIEGO VALUSSO
- 13 **I nuovi portali di Autovie Venete**
DAVIDE VICEDOMINI
- 33 **Quis Custodiet Custodes? (prima parte)**
GIACOMO BIASUTTI
- 38 **La Strada ferrata della Pontebba**
ROBERTO CAROLLO
- 43 **Atlante della casistica e delle procedure**
PAOLO ZARAMELLA
- 46 **Terremoti di maggio e settembre 1976:
45 anni dopo**
GIORGIO DRI

AL CENTRO DELLA RIVISTA

NOTIZIARIO INGEGNERI

In copertina:

La stazione unificata di Pontebba nel periodo
del suo massimo sviluppo (1976) prima del raddoppio
(foto De Monte, Pontebba)

Alla nuova Piattaforma Logistica di Trieste il premio AICAP 2020

FRANCESCO ALESSANDRINI

ingegnere

Alpe Progetti, Società di Ingegneria

DARIO FEDRIGO,

EROS MICHELIN,

FEDERICA PEDRINI,

DIEGO VALUSSO

ingegneri, Alpe Engineering

L'Associazione Italiana del Calcestruzzo Armato e Precompresso ha assegnato il Premio AICAP 2020 a un'opera infrastrutturale quasi completamente regionale, sia per l'ubicazione, sia per la progettazione e l'impresa esecutrice: la nuova Piattaforma Logistica del Porto di Trieste.

La nuova Piattaforma Logistica

Nell'ambito dei "Lavori di realizzazione della piattaforma logistica in area portuale compresa tra lo Scalo Legnami e l'ex-Italsider e conseguenti opere di collegamento", è stata realizzata un'estesa area di banchina portuale (12,3 ha) di cui una parte consistente (8 ha circa) consta di una piastra in calcestruzzo armato post-teso che poggia su pali realizzati a mare di diametro 1.270 mm (parte interna, 6,5 ha) e su cassoni preesistenti (diga foranea) o su pali di diametro 1.600mm (parte fronte mare).

Il progetto, che si inserisce nell'ambito del futuro modello di sviluppo del porto giuliano in direzione sud est, consiste nell'infrastrutturazione della zona compresa fra lo Scalo Legnami e l'area della Ferriera di Servola.

In una descrizione generale dei lavori, possiamo dire che è stato realizzato un nuovo accosto attrezzato per navi Ro-Ro e porta-container, con la costruzione di nuovi piazzali sia per il deposito di merci e container sia di zone per le operazioni portuali e/o l'accatastamento e la movimentazione. Nel complesso, l'obiettivo è stato quello di ottenere una intermodalità completa tra navi, gomma e ferro.

L'area oggetto di intervento rientra nel SIN (Sito di Interesse Nazionale) di Trieste. Fa parte del "TRIESTE HUB – A EUROPEAN SUPER-STRUCTURE", cofinanziata dall'Unione Europea. Il costo complessivo delle opere è stato di circa 130 milioni di euro, praticamente coincidente a quello stimato e finanziato inizialmente.

Un progetto multiforme

L'opera, nella sua globalità, presenta molteplici aspetti a valenza ambientale, logistica e strutturale. Essa, infatti, comprende varie opere tra cui:

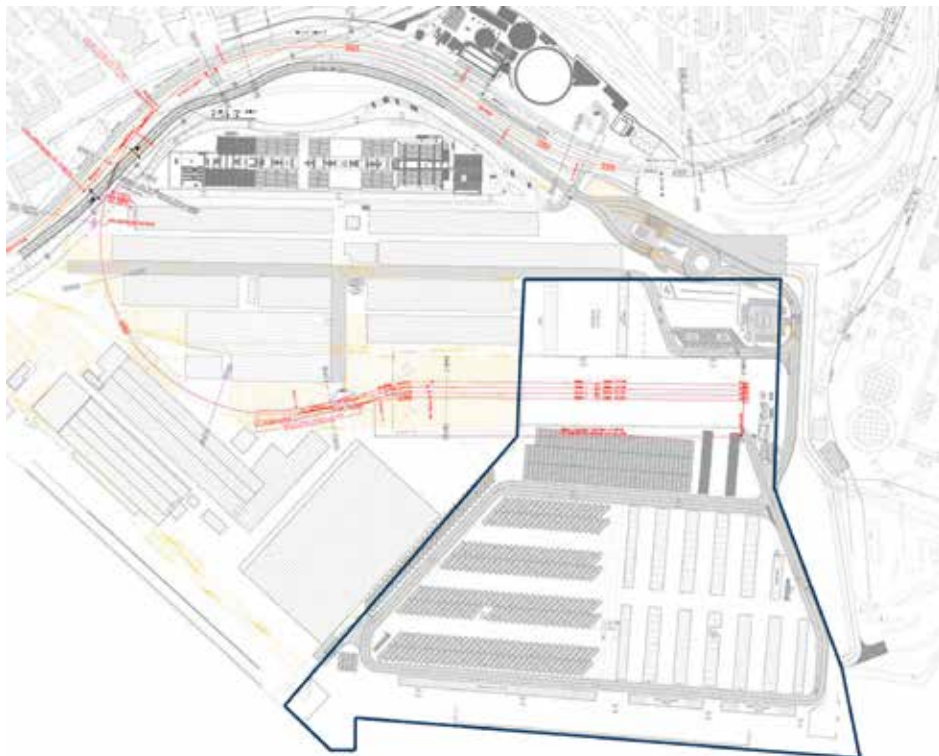
- bonifica ambientale dei fondali marini ricadenti nelle aree di intervento e delle aree a terra (bonifica a mare certificata -CAB- e messa in sicurezza provvisoria -MISP- di tutte le aree a terra in concessione anch'esse certificate);
- realizzazione di una cassa di colmata, di quasi mezzo milione di m³, con perimetro a tenuta;
- realizzazione di una banchina funzionale in c.a.p. soprastante la zona di colmata, i cassoni e la zona Ro-Ro;

- realizzazione di un cunicolo servizi sottobanchina;
- realizzazione di pavimentazione in c.a. controterra nella zona esterna alla banchina pensile;
- realizzazione di impianti e di raccolta e trattamento delle acque di falda captate (TAF) e delle acque di colmata (TAC);
- impianto idrico, elettrico, TCCV, controllo varchi, antincendio;
- opere stradali e ferroviarie;
- deviazione e tombamento del torrente Baiaumonti e dello scarico a mare di emergenza dell'impianto di depurazione AcegasAPS-AMGA.

Le opere in calcestruzzo

La grande particolarità di questa opera, con specifico riferimento al Premio AICAP, è la realizzazione di una piastra pensile in calcestruzzo continua (senza giunti) della dimensione di oltre 6.5 ha. Al di sotto della piastra è stata realizzata una cassa di colmata (al momento non ancora riempita) di circa mezzo milione di metri cubi, opportunamente confinata sul perimetro da opere in acciaio e calcestruzzo (palancolate metalliche, pareti combinate – pali più palancole collegati –, pali secanti in c.a. e CSM, ovvero Cutter Soil Mixing, quest'ultima una tecnologia per consolidare il terreno).

La banchina va a riempire una preesistente baia, in parte già chiusa e ristretta nel tempo passato con detriti di provenienza post bellica: sul fondo sono stati rinvenuti durante i lavori enormi elementi prefabbricati, residui



←

La logistica della nuova piattaforma con evidenziate in rosso le opere ferroviarie e in grigio l'organizzazione delle strade; in blu il perimetro della concessione.

↓

Fase iniziale di costruzione dei pali Ø 1270 mm che fungeranno da sostegno alla piattaforma.



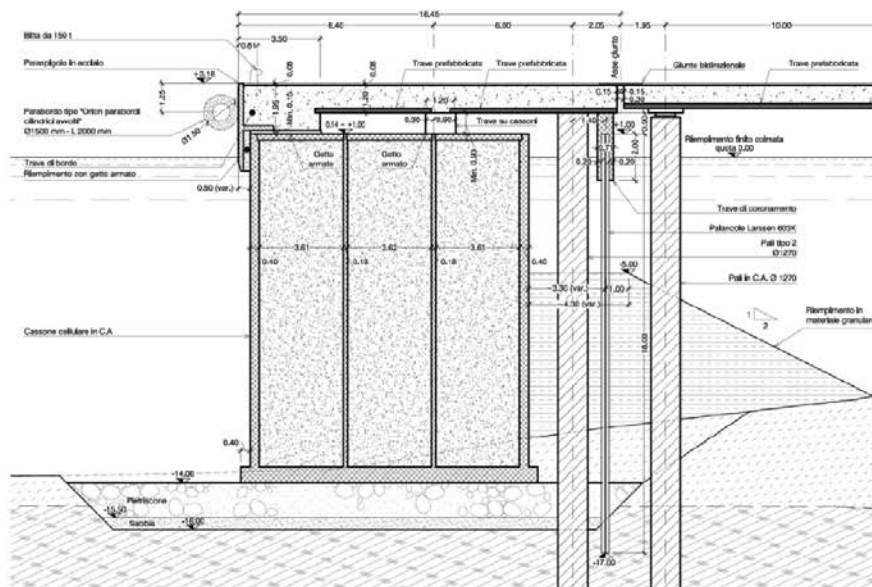
di colate d'acciaio, vari pezzi di navi – il sito è stato anche zona di demolizioni di navi – tra cui una bellissima ancora alta circa 4 metri. Vi lasciamo dunque immaginare le difficoltà esecutive incontrate nella realizzazione dei pali trivellati che hanno costretto l'Impresa a realizzare una bonifica preventiva di tutte le zone in cui sono stati poi costruiti i pali stessi.

La banchina pensile presenta la caratteristica di essere ap-

poggiata su pali trivellati lunghi da una ventina a una quarantina di metri che si innestano nel basamento roccioso (flysch), la cui sommità si trova a profondità variabile e degradante verso il mare. L'appoggio della banchina sui pali avviene mediante dei dispositivi a “doppio pendolo” (friction pendulum) con funzione di isolatori sismici: siamo dunque di fronte a una soletta continua della dimensione di circa 65.000 metri quadrati sismicamente

completamente isolata dai pali di fondazione e dalle strutture limitrofe. L'opera è, se non la più estesa, una delle più estese strutture al mondo monolitiche, continue e isolate sismicamente.

Particolarmente interessante è stato il calcolo del sistema di isolamento, che ha dovuto comprendere una complessa analisi tridimensionale stante le variabili rigidità del sistema dei pali (pali a rigidità variabile per la diversa lunghezza libera e la diversa quota di ammorsamento) abbinata alla presenza dei dispositivi antisismici. Il calcolo è stato eseguito sulla base del metodo “displacement based seismic design”, per il quale è stata anche chiesta la consulenza del prof. Michele Calvi e dell'ing. Matteo Moratti, grandi esperti del settore. Ci piace al riguardo ricordare che, durante i contatti avuti con il prof. Calvi al tempo del terremoto dell'Aquila, discutendo dell'isolamento sismico dei nuovi condomini che avrebbero dovuto essere costruiti in zona terremotata, era emersa la possibilità, da un punto di vista teorico, di costruire delle piastre in calcestruzzo enormi – allora si disse fino a 1 chilometro per 1 chilometro – tutte isolate sismicamente. Il problema era però l'esecuzione – grossi problemi di ritiro e di sollecitazioni indotte da deformazioni termiche – e il calcolo sismico che, fatto con i criteri classici, portava a sollecitazioni eccessive. Quelle considerazioni ci sono tornate alla mente durante la progettazione della piattaforma trovando

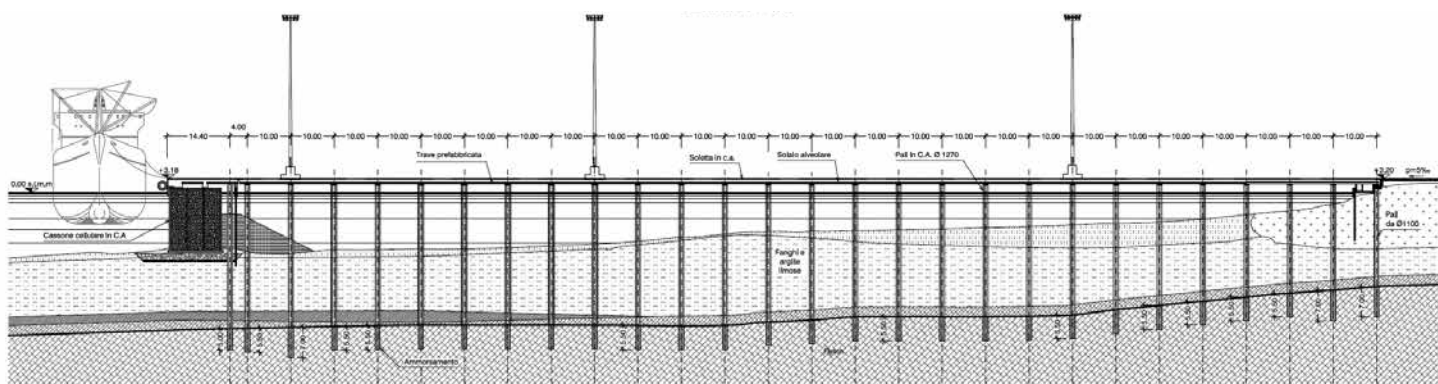
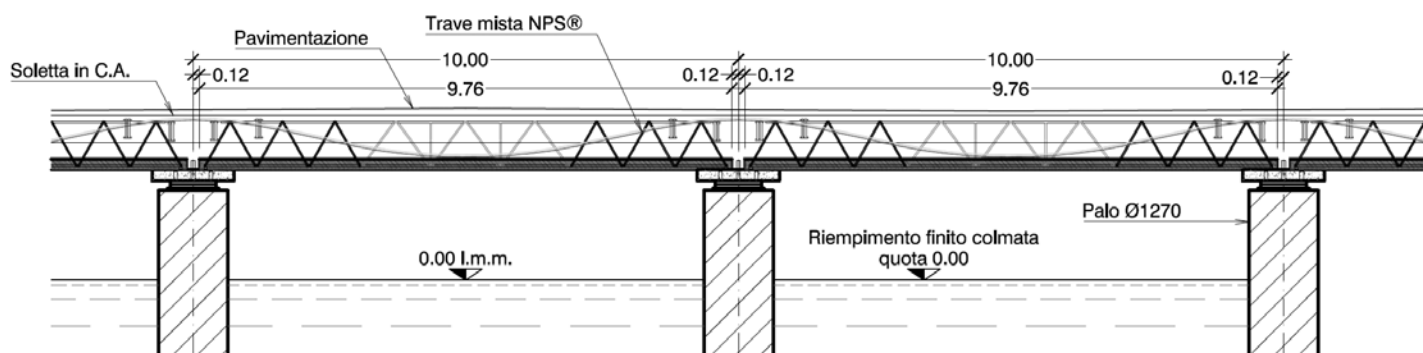
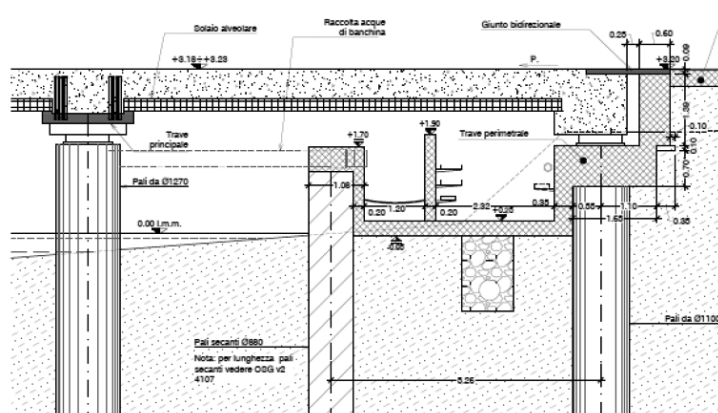
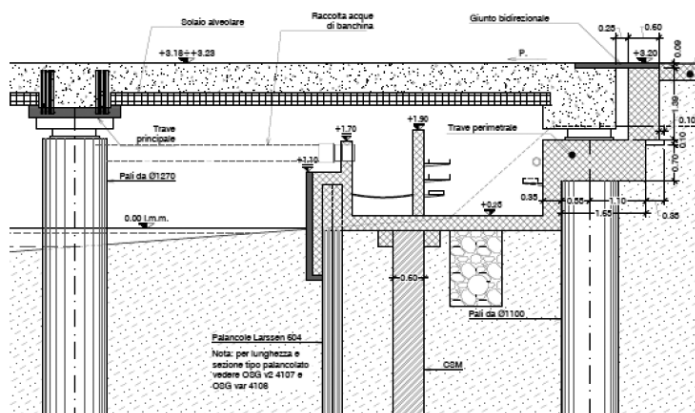


←
Sezione strutturale tipo:
la sezione strutturale tipo in corrispondenza
dei cassoni preesistenti, così come risultante
dopo la perizia di variante finale.

↓
Sezione sottobanchina:
si notano il cunicolo laterale con
le sottostrutture verticali (palancole
o pali secanti) e la diaframmatura in CSM
impermeabilizzante.

↓
Sezione strutturale tipo:
si notano le travi in acciaio-calcestruzzo,
l'andamento sinuoso dei cavi
di precompressione e gli appoggi
sulla testa dei pali.

↓
Sezione strutturale generale:
la sezione individua il volume della cassa
di colmata, i pali che raggiungono il sottostante
flysch e i cassoni preesistenti sul fronte.





←

Fase di costruzione dell'impalcato

←

Particolare di sommità del palo, con gli appoggi/smorzatori sismici posizionati con il sovrastante pulvino in c.a., sopra al quale sono state appoggiate le travi in acciaio calcestruzzo (NPS®).

↓

La dima galleggiante progettata dall'ing. Pierino Burba.



il modo di superare tutte le difficoltà del caso: da un lato mediante l'utilizzo di una diffusa precompressione bidirezionale dei calcestruzzi eseguita per fasi e, dall'altro, mediante l'utilizzo di un metodo di calcolo sismico basato sugli spostamenti, anziché sulle sollecitazioni, a cui il prof. Calvi ha dedicato molta della sua ricerca.

Ecco allora che è stata concepita una piastra nervata con una

precompressione principale in direzione delle nervature e una secondaria in direzione delle sollette di collegamento.

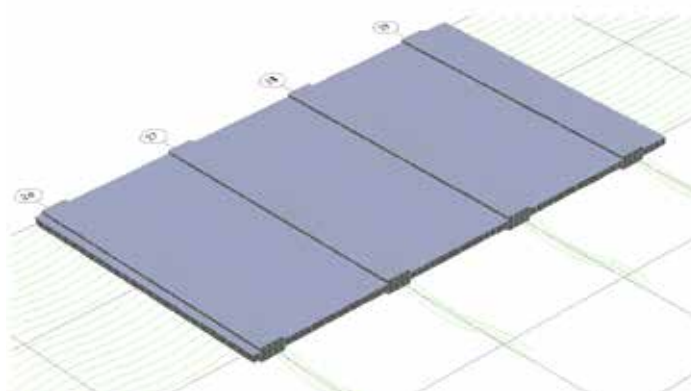
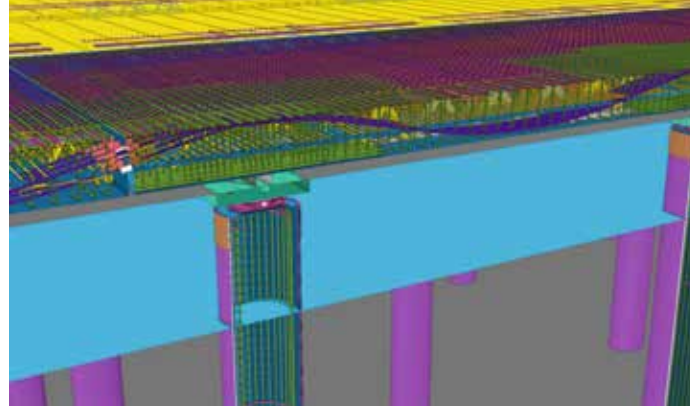
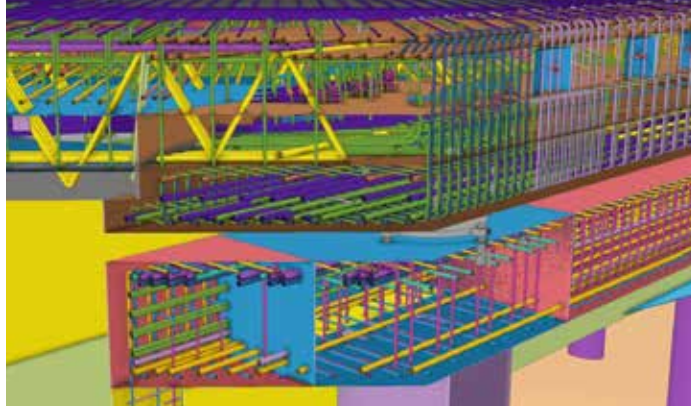
Altra particolarità è stata l'analisi di una struttura costruita per fasi e di dimensioni enormi, con problematiche termiche non usuali (getti a temperatura diversa, a diverso livello di maturazione e sviluppo di fluage sotto precompressione a tempi sfalsati...). Tale problematica ha richiesto un

reiterato e complesso controllo in fase esecutiva degli spostamenti agli appoggi, che si è rivelato soddisfacentemente congruente con le ipotesi progettuali iniziali.

Il progetto costruttivo della banchina su pali è stato restituito in modalità BIM, permettendo, in particolare durante la costruzione, un controllo informatico continuo tra cantiere e progettisti. Nicola De Biaggio, direttore generale del dipartimento ingegneria di Icop, al ritiro del premio Tekla Italia 2020 ha dichiarato che i vantaggi più evidenti dell'utilizzo delle soluzioni BIM adottate sono stati la possibilità di eliminare le interferenze tra i vari elementi del progetto, la possibilità di trasferire velocemente in cantiere il progetto in modo da renderlo subito disponibile agli utilizzatori, e la possibilità di fornire ai produttori delle armature i dati di taglio e di piega ancor prima della consegna delle tavole esecutive in cantiere.

Nell'ambito del progetto costruttivo ci piace ricordare anche il contributo di Pierino Burba, sempre della Icop, recentemente insignito del titolo di "Ingegnere Honoris Causa" dall'Università di Udine. Pierino Burba, persona eccezionalmente competente quanto modesta, è stato definito dal prof. Giorgio Macchi come il *Faber*, colui che gli antichi chiamavano il *"Maestro delle Costruzioni"*, che *"sa tutto della sua arte, che sa come concepire un edificio e come consigliare al meglio Architetti e Ingegneri"*.

Per la costruzione della Piattaforma Logistica, Burba ha pro-



← Particolare del disegno 3D in ambiente BIM delle armature della banchina sopra un appoggio e la sottostante trave di bordo della banchina pensile.

↑ Particolare del disegno 3D in ambiente BIM delle armature della banchina sopra un appoggio su palo: si notino i cavi di precompressione ad andamento ondulado.

← Andamento della precompressione bidirezionale: l'andamento sinuoso e concentrato della precompressione lungo le travi principali in una direzione e l'andamento diffuso in soletta nella direzione opposta.

gettato una particolare dima galleggiante in grado di permettere una precisa costruzione dei pali in acqua che per sua natura non si ferma mai e che rende molto difficile il posizionamento preciso delle strutture: non è così scontato fare un “buco in acqua” esattamente nel punto voluto! A lui anche il merito di aver progettato un dispositivo per la sostituzione degli appoggi/smorzzatori sismici a impalcato posizionato, se mai in futuro ce ne dovrebbe essere bisogno.

L'esecuzione

L'esecuzione della struttura della banchina è stata realizzata per fasi, ognuna con la costruzione di porzioni di soletta mediante di circa 1.200 m², via via gettate e precomprese bidirezionalmente con collegamento alle zone di impalcato precedentemente realizzate.

La banchina è stata realizzata a partire dal posizionamento sui pali di travi in acciaio-calcestruzzo (travi NPS®), sulle quali a loro volta sono state appoggiate delle piastre alveolari prefabbricate.

Su questo “cassero nervato” è stata successivamente gettata la soletta dello spessore medio di 52 cm posta in corrispondenza delle travi principali in una direzione e in modo diffuso lungo la direzione perpendicolare. A completare l'opera è stata eseguita la pavimentazione, in FRC (Fiber Reinforced Concrete), incollata alla sottostante struttura, per dare le opportune pendenze con la finalità di scarico delle acque meteoriche e per garantire una superficie resistente alle sollecitazioni ambientali.

Come già detto, particolarmente gravosa è stata l'esecuzione dei pali trivellati in un ambiente ricolmo di detriti di ogni genere, tra cui anche i residui della demolizione di navi e la presenza di grossi trovanti in calcestruzzo e acciaio, che hanno richiesto una preventiva bonifica dei punti in cui si sono andati a realizzare i pali stessi.

I calcestruzzi

I calcestruzzi impiegati sono di tipo classico ad elevata resistenza – C35/45 XS3 S5 per l'impalcato gettato in opera e C45/55 XS3

per la pavimentazione – additivato per soddisfare le esigenze di rapidità di raggiungimento di resistenza e accelerare al massimo la precompressione, in genere applicata il terzo giorno dopo il getto. Ulteriore additivazione (o diverso mix design) è stata prevista per superare le forti variazioni climatiche (getti a basse e alte temperature, presenze saltuarie di forte vento, getti all'asciutto e in condizioni di pioggia...). Il calcestruzzo per la realizzazione della pavimentazione è stato additivato con fibre (metalliche, in basalto e/o sintetiche) a seconda della zona di posa e degli spessori da realizzare.

A posteriori, si può dire che uno degli aspetti più interessanti maturati da questa esperienza è stata la necessità di un pressoché continuo adattamento delle miscele dei calcestruzzi gettati, certamente facilitato dalla produzione in cantiere, con qualche sorpresa dovuta a inaspettate variazioni, talvolta inspiegabili, delle caratteristiche di miscele apparentemente del tutto omogenee.

DATI DI PROGETTO

12,3 ha	Superficie complessiva in concessione
6,5 ha	Superficie banchina pensile isolata sismicamente
5,8 ha	Superficie piazzali controterra pavimentati
431 m	Lunghezza banchina principale
480 m	Lunghezza complessiva banchina
14 m	Profondità fondale di accosto
864	Pali per il sostegno della banchina e di delimitazione perimetrale
1600/1270/1100 mm	Diametri pali trivellati
877 - 1080 m	Lunghezza confinamento ambientale csm/pali secanti e trincea drenante
500.000 m ³	Capienza della cassa di colmata sotto la banchina pensile
fisso, largo 35m	Attracco RO-RO
60 kpa	Sovraccarico di calcolo
140.000	Volumi di calcestruzzo impiegati
12.700 t	Peso acciaio lento da calcestruzzo
2.000 t	Peso acciaio da precompressione
3.800 t	Peso acciaio da carpenteria – lamierini pali e palancole

ATTORI

UBICAZIONE	Porto di Trieste (zona sud-est), via degli Altiforni
PROPRIETARIO	Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Orientale, Porto di Trieste
CONCESSIONARIO	HHLA PLT Italy, Via degli Altiforni, Trieste
DIRETTORE DEL CONCESSIONARIO	dott. ing. Paolo Bassi
DATA DI ULTIMAZIONE	24 settembre 2020
PROGETTO ESECUTIVO GENERALE	Studio Altieri, Thiene
PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE	Alpe Progetti Società di Ingegneria, Udine
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO	dott. ing. Eric Marcone (Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Orientale)
DIREZIONE DEI LAVORI	dott. ing. Carlo Glauco Amoroso
DIREZIONE OPERATIVA STRUTTURE	dott. ing. Francesco Alessandrini
DIREZIONE OPERATIVA GEOTECNICA	dott. ing. Adriano Susani
COORDINAMENTO SICUREZZA IN ESECUZIONE	per. ind. ed. Carlo Del Frate
IMPRESE COSTRUTTRICI	Icop, Basiliano – Cosmo Ambiente, Noale

BIBLIOGRAFIA

Pedrin F. et al., *Pali a mare: aspetti critici nell'esecuzione e nel controllo* (slides di presentazione), IAGIG 2018
 Pedrin F. et al., *Pali a mare: aspetti critici nell'esecuzione e nel controllo*, IAGIG 2018, Atti

Bringiotti M. et al., *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*, IAGIG 2018, Atti

La maturazione dei calcestruzzi è stata controllata con grande attenzione e anche con l'utilizzo di tecniche recenti di controllo, quali l'inglobamento nei getti di sensori di temperatura wireless rilevabili dall'esterno, al fine di eseguire il più presto possibile le operazioni di precompressione.

Viste le grandi quantità di materiali impiegati e visto il controllo continuo, è stato possibile verificare l'omogeneità delle forniture con qualche sorpresa soprattutto nei calcestruzzi, dove si è riscontrata un'elevata variabilità nei tempi di maturazione della resistenza in funzione della temperatura e anche una discretamente elevata variabilità nelle resistenze finali, pur con l'utilizzo degli stessi materiali compositivi dei calcestruzzi. Gli acciai da precompressione hanno altresì dimostrato un'alta variabilità del modulo elastico, a fronte di un'ottima costanza dei valori di snervamento/rottura.

Alessandrini F. et al., *Pile Foundations of Trieste's New Logistic Platform*, Proceedings DFI-EFFC 2018

Tarsilla F., *Piattaforma logistica di Trieste: un progetto BIM da 150 milioni*, newsletter Harpaceas, 7 ottobre 2020

Premio Tekla 2020, *Piattaforma logistica di Trieste: intervista a Nicola De Biaggio*. 30 anni HARPACEAS: More than BIM, Le nostre notizie 10/20

Alessandrini F. et al., *Determinazione continua della resistenza del calcestruzzo mediante sensori annegati nel getto: prime esperienze applicative*, PREVisioni Bovi Awards

Alessandrini F. et al., *Determinazione continua della resistenza del calcestruzzo mediante sensori annegati nel getto: prime esperienze applicative*, Rassegna tecnica FVG 375, 2020

AAVV, *Calcolatori Naturali Burba, la Icop, i progetti*, Icop 2011