

Il viadotto di Gran Manglar

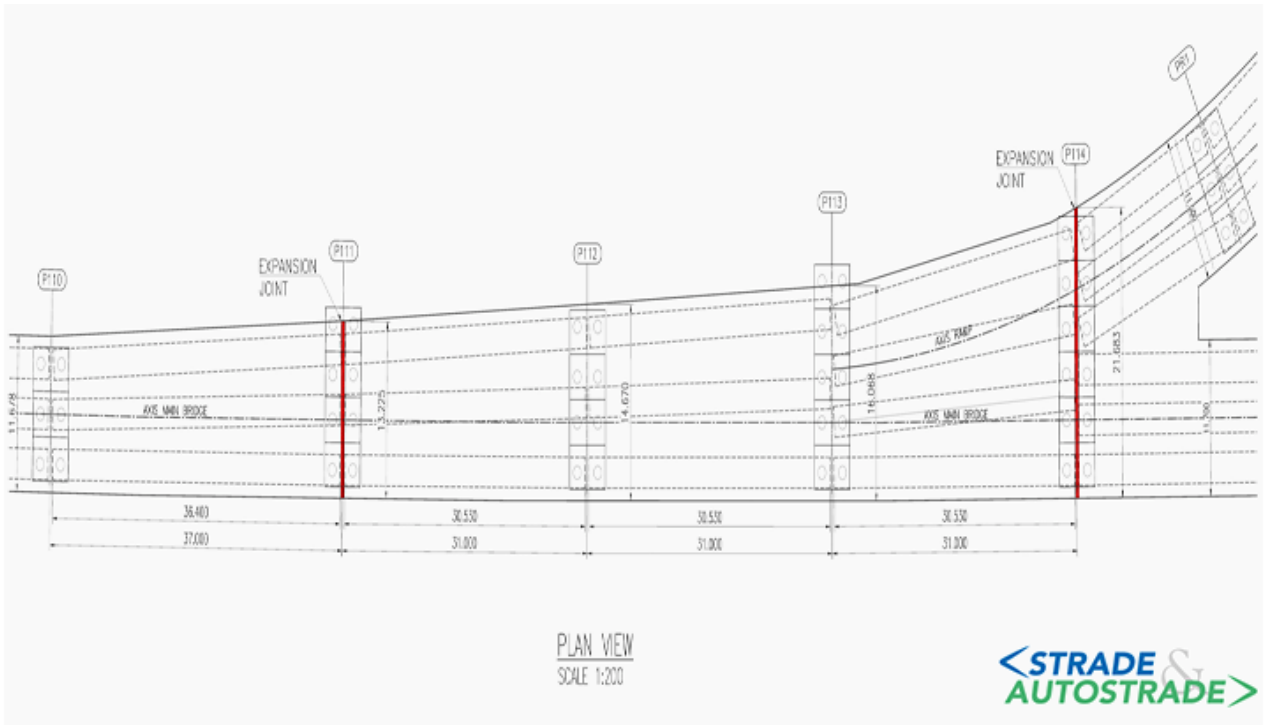
Efficienza e basso impatto ambientale: così si costruisce il più lungo viadotto della Colombia

Autori: Gilberto Dreas, Nicola Stefanutti 11 luglio 2017

Il viadotto Gran Manglar di Cartagena è un'opera che fa parte del progetto per la realizzazione dell'autostrada tra Cartagena de Indias e Barranquilla. Il progetto prevede la realizzazione di un viadotto di 4,9 km sulla laguna di Cienaga de Tesca mediante l'utilizzo di una tecnologia di costruzione top-down. Tutti gli elementi costitutivi principali del viadotto – pali, pile e travi di impalcato – sono prefabbricati in calcestruzzo armato precompresso e vengono messi in opera con l'ausilio di una speciale attrezzatura di varo che consente la presa degli elementi da dietro, l'infissione dei pali e la posa degli altri elementi senza necessità di accesso dal basso.



Il viadotto Gran Manglar di Cartagena, opera facente parte del progetto per la realizzazione dell'autostrada tra Cartagena de Indias e Barranquilla



La planimetria della zona di connessione con la rampa



Vista dall'alto dell'area di prefabbricazione



La preparazione per il getto del palo



Il prelievo dal rimorchio del palo prefabbricato



L'area di lavoro durante la battitura nella quale si vede la costruzione top-down che permette un impatto minimo sull'ambiente circostante



Un particolare della battitura dei pali del pulvino tipico



Un particolare dell'installazione degli appoggi



Le prime fasi di costruzione: qui, la spalla di Barranquilla

Note generali

Ad inizio 2016, sono cominciate le attività di costruzione del viadotto che attraversa la laguna, zona di importante valore naturalistico per la quale le Autorità locali hanno posto significative limitazioni all'accesso ed alle lavorazioni possibili durante le fasi di costruzione. Per soddisfare i requisiti ambientali, in fase di gara è stata sviluppata e proposta una metodologia costruttiva "top down" dell'intero viadotto poi adottata dalla Concessionaria che ha in carico la gestione del progetto.

Le attività di progettazione sono iniziate nel mese di Marzo 2015. Il progetto esecutivo è stato completato nella sua prima versione alla fine di Maggio 2015. Le attività di prefabbricazione sono iniziate nel Aprile 2016 e quelle di costruzione e varo a Luglio 2016. Al momento, le attività di costruzione sono in pieno svolgimento.

Le caratteristiche del viadotto

Il concetto generale dell'opera

Il viadotto ha una lunghezza complessiva di 4.879 m e si compone di 129 campate di lunghezza tipica 37 m. La struttura del viadotto è interamente costituita da elementi prefabbricati in calcestruzzo armato e precompresso ad esclusione degli elementi di completamento (connessioni pali-pulvini, diaframmi) e delle solette di impalcato che sono in calcestruzzo gettato in opera. La scelta della prefabbricazione spinta è stata dettata dalla tecnologia utilizzata per la costruzione che a sua volta è stata condizionata dai vincoli ambientali dell'area.

L'impalcato

L'impalcato è costituito da travi prefabbricate pretese con sezione ad U collegate da una soletta gettata in opera e da diaframmi di estremità in calcestruzzo gettato in opera. Ciascuna campata è formata da tre travi poste ad interasse 3,75 m. La larghezza complessiva dell'impalcato nel tratto costante è di 11,70 m. Le campate sono semplicemente appoggiate e collegate alle pile mediante isolatori sismici in gomma armata. Le campate sono longitudinalmente collegate dalla sola soletta e formano gruppi di tre campate continue separate da giunti di dilatazione.

Le sottostrutture

Le pile tipiche sono formate ciascuna da sei pali prefabbricati pretesi circolari cavi di 1.000 mm di diametro esterno e 140 mm di spessore. I pali hanno lunghezza variabile tra 30 e 58 m in funzione della stratigrafia dei terreni. Alcuni pali vengono prefabbricati in un unico elemento mentre altri vengono prefabbricati in due elementi connessi da un giunto meccanico.

Il posizionamento dei giunti è governato dai limiti di infissione imposti dalla attrezzatura utilizzata e che dipendono da vari fattori quali:

- lunghezza del palo;
- altezza della pila;
- altezza del battente d'acqua.

I pali sono collegati in testa ad una struttura di transizione in calcestruzzo armato post-tesa (pulvino) che funge da elemento rigido di connessione e consente il trasferimento delle sollecitazioni derivanti

dall'impalcato, mediante gli isolatori in gomma, ai pali stessi. Il collegamento tra i pali ed il pulvino si realizza mediante elementi in calcestruzzo armato gettato in opera che riempiono parzialmente la cavità superiore dei pali e si innestano negli appositi fori di dimensione maggiore al diametro interno dei pali, lasciati nel pulvino.

I pulvini sono realizzati in tre conci prefabbricati coniugati i quali vengono collegati tra loro mediante cavi di post-tensione prima dell'esecuzione del getto di connessione. Il comportamento strutturale del viadotto Come già accennato, l'impalcato è stato suddiviso in unità continue ciascuna formata da tre campate. Le campate sono rese continue dalla sola soletta che viene mantenuta indipendente (non solidarizzata) dalla trave per un tratto di lunghezza di circa 2 m in corrispondenza delle pile, consentendo la deformazione richiesta dai carichi mobili in campata.

Ciascuna unità continua è vincolata alle pile mediante isolatori in gomma armata (sei per campata). L'isolamento sismico è stato richiesto al fine di ridurre al minimo le sollecitazioni orizzontali in testa ai pali e quindi consentire di minimizzare il diametro esterno dei pali stessi. La struttura è stata analizzata mediante analisi spettrale tenendo conto della rigidità effettiva degli isolatori e della rigidità prevista del terreno per tutte le condizioni stratigrafiche incontrate. Nel progetto della struttura si è tenuto conto delle condizioni temporanee di costruzione, per altro dimensionanti ai fini del calcolo della capacità portante dei pali.

La metodologia costruttiva

La prefabbricazione

La prefabbricazione degli elementi si realizza in un'area dedicata in adiacenza della spalla 130. L'impianto si compone di tre linee di produzione:

- pulvini: costituito da un cassero "long line" per la produzione dei conci coniugati costituenti il pulvino;
- pali: costituita da tre casseri orizzontali per la produzione dei pali. I casseri sono modulari per la produzione di pali di diverse lunghezze. Ciascun cassero è dotato di una testata fissa utilizzata per la messa in opera dei dispositivi di connessione meccanica tra gli elementi di palo, i quali devono essere installati con tolleranze minime per garantire la verticalità del palo stesso;
- travi: costituita da un cassero per la produzione delle travi pretese.

La movimentazione degli elementi prefabbricati avviene mediante delle gru a portale e dei carrelloni gommati accessoriati per i diversi elementi.

Il varo

La costruzione dell'intero viadotto si realizza mediante una speciale attrezzatura concepita per la costruzione "dall'alto" della struttura. L'attrezzatura è costituita da due tralicci in acciaio con sezione triangolare i quali poggiano su supporti che vengono posizionati sulle pile o sull'impalcato come schematizzato nei grafici sottostanti. I tralicci sono tra loro collegati in testa e in coda e possono traslare longitudinalmente e trasversalmente sui supporti ai quali sono collegati tramite rulliere.

In testa all'attrezzatura è stato installato il dispositivo utilizzato per l'infissione dei pali costituito da:

- un traliccio a sezione rettangolare che ha la funzione di sostenere il palo dopo che è stato prelevato dal mezzo di trasporto, di ruotare il palo in posizione verticale e di guidare il palo durante le prime fasi di infissione;
- un martello diesel che ha la funzione di trasferire al palo l'energia necessaria per l'infissione.

Sulla coppia di tralicci sono inoltre installati due carrelli-argano utilizzati per prelevare gli elementi prefabbricati dal carrellone impiegato per il loro trasporto; questo transita sugli impalcati già completati, il trasporto trasportare degli elementi lungo la travata e il loro posizionamento e posizionarli nella configurazione finale (travi, pulvini) o all'interno del "lead" (pali).

Le fasi costruttive

La costruzione del viadotto è pertanto suddivisibile in quattro macro-fasi:

- installazione dei pali di fondazione;
- installazione del pulvino e getto delle connessioni palo-pulvino;
- installazione delle tre travi longitudinali ad U;
- getto dei diaframmi di estremità e della soletta.

I sei pali che costituiscono ciascuna pila, una volta prefabbricati, vengono trasportati dall'area di stoccaggio all'impalcato al quale si accede dalla porzione di viadotto già completata. Raggiunta l'attrezzatura di varo, i pali vengono prima sollevati e successivamente traslati fino a raggiungere il "lead" utilizzato per la rotazione e l'infissione. A questo punto, il palo viene ruotato, posizionato correttamente secondo le coordinate di progetto e infisso. Le fasi di battitura vengono monitorate attraverso un sistema informatizzato (Pile Driving Analyzer) e con un sistema "manuale" che verifica il numero di battute in funzione all'approfondimento. Le rielaborazioni dei risultati reali di battitura vengono confrontate con le curve d'infissione di progetto andando a verificare il raggiungimento della capacità portante.

Prima di procedere con il posizionamento del pulvino, si esegue un rilievo per verificare che i pali abbiano raggiunto la quota di progetto: ove richiesto, gli stessi vengono tagliati. I tre conci che compongono il pulvino tipico vengono spostati singolarmente dal luogo di prefabbricazione fino al carro varo che ne consente la posa in opera. L'accoppiamento dei tre conci è reso possibile da barre di precompressione temporanea e, successivamente, attraverso cavi di precompressione definitiva.

Di seguito, si realizza un getto di connessione tra il pulvino e ciascuno dei pali in modo da garantire la continuità strutturale. Con procedura analoga a quella seguita per gli altri elementi prefabbricati, le tre travi ad U che costituiscono la campata tipica vengono a loro volta varate. Infine si procede al getto in opera dei diaframmi e della soletta mediante l'ausilio di lamiere grecate utilizzate come cassero a perdere. Al raggiungimento della resistenza minima del calcestruzzo necessaria per il trasferimento dei carichi temporanei generati dall'attrezzatura di varo, si procede alla rilocazione della macchina e alla naturale prosecuzione dei lavori di costruzione del viadotto.

I dettagli costruttivi

Il giunto meccanico di connessione dei pali rappresenta uno dei dettagli costruttivi fondamentali del progetto, in quanto ha consentito una notevole riduzione dei tempi di esecuzione del collegamento che tipicamente avviene mediante saldatura.

Oltre a un vantaggio nella cantierizzazione dell'opera, l'utilizzo di questi elementi permette un notevole miglioramento qualitativo in quanto tutti materiali sono soggetti a dei controlli di qualità direttamente all'origine, senza nessun apporto di materiale in condizioni sfavorevoli che richiederebbe di controlli in loco. La tecnologia è già ampiamente sviluppata dai palificatori nei cosiddetti pali "tradizionali" con diametri inferiori mentre risulta innovativa nei pali di queste dimensioni.

Il giunto è caratterizzato da due elementi distinti:

- elemento maschio composto da 24 perni collegati ad un'armatura lenta di rinforzo che permette la diffusione del carico nella parte iniziale del palo prefabbricato;
- elemento femmina composto da 24 alloggiamenti dei perni a sua volta collegati ad una armatura lenta di diffusione del carico.

I due elementi vengono poi collegati tra loro da 24 spine montate in situ garantendo una resistenza totale a trazione di 350 t.

Conclusioni

Il completamento della costruzione dell'intero viadotto è previsto per la fine del 2018. Il progetto presentato è relativo a una tecnologia innovativa sviluppata per la prima volta per il progetto Washington Bypass negli Stati Uniti, completato con grande successo alcuni anni fa ed affinata per questo progetto.

Dati tecnici

- Contraente Generale: Consorcio de Disenos Costera, Mario Huertas Cotes – Constructora Meco S.A.
- Contraente Specialistico: Rizzani de Eccher Colombia
- Project Manager: Ing. Giacomo Orsatti di Rizzani de Eccher
- Progetto preliminare: Deal Srl
- Progetto esecutivo e costruttivo: Deal Srl
- Progetto strutturale: Deal Srl con la collaborazione di McNary Bergeron Associates e Alpe Progetti
- RUP: Ing. Armando Ramirez
- Direzione dei Lavori: Concesión Costera
- Responsabile Sicurezza: Maryuris Ferrer
- Direzione di Cantiere: Ing. Luciano Passarin
- Esecutori dei Lavori: Rizzani de Eccher Colombia
- Fornitura attrezzature di varo: Deal Srl
- Fornitura isolatori e giunti: Tensacciai Srl
- Importo dei lavori: circa 90 milioni di Euro
- Durata dei lavori: stimata in 900 giorni
- Data di ultimazione: Ottobre 2018