



UNA OFFICINA RAMPANTE



**PER L'INCAMICIATURA DEI PILONI
IN CEMENTO ARMATO**



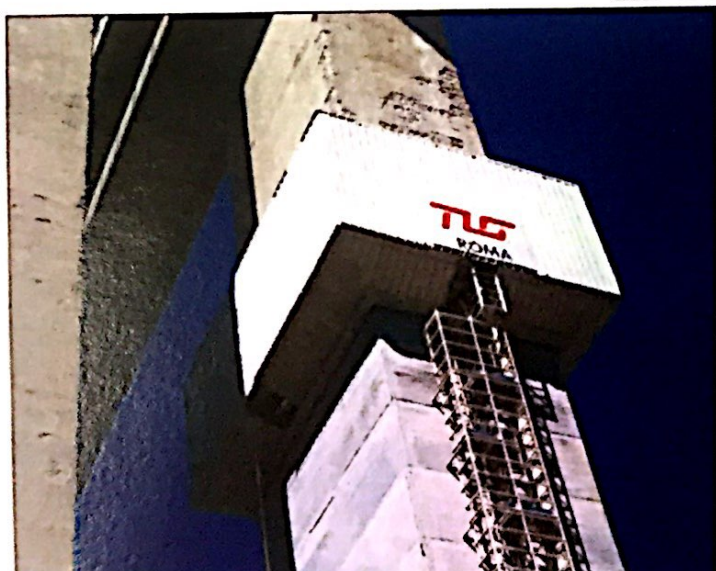
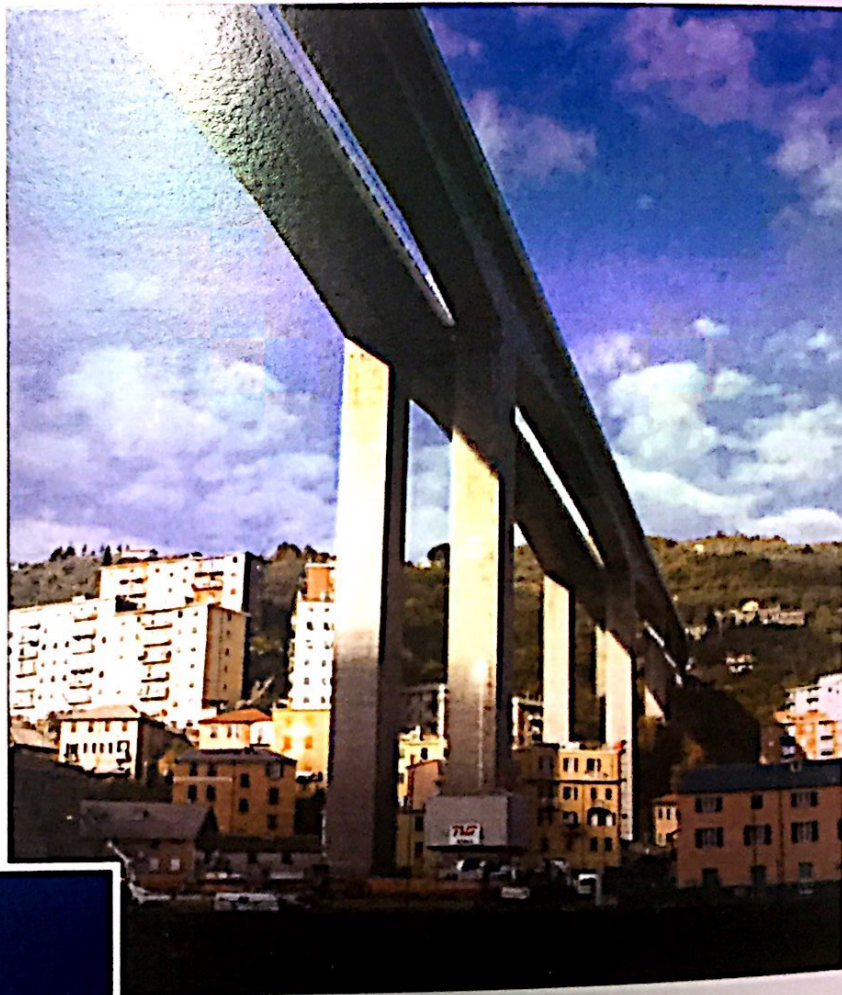
Sull'Autostrada A12 il Viadotto Bisagno ha subito un intervento di risanamento delle pile con l'asportazione degli strati corticali, l'applicazione di una nuova armatura e un getto finale di incamiciatura

UN'OFFICINA RAMPANTE PER L'INCAMICIATURA DEI PILONI IN CEMENTO ARMATO

Ruggero Gigli*
Mariano Romagnolo**
Marco Vezil***

Per gli interventi su grandi strutture spesso il "come fare" richiede una progettazione altrettanto impegnativa di quella occorrente per il "cosa fare". Le problematiche vanno dalla corretta e agevole esecuzione all'economia, dalla sicurezza al rispetto dell'ambiente e dei tempi di esecuzione, prese sia nel loro valore intrinseco sia nelle loro interdipendenze: ciò per conseguire la soluzione considerata ottimale che, considerato il limitato ripetersi degli interventi stessi, pur non prescindendo dalla sua validità, non sempre avrà il conforto di un'assoluta certezza.

Il Progettista del "cosa fare", concentrando il suo interessamento e la sua responsabilità principalmente sul risultato finale, darà indicazioni sulle modalità esecutive; sarà poi il realizzatore a proporre spesso le proprie soluzioni basandosi sulle sue competenze, esperienze e attrezzature.



La descrizione dell'opera

Il Viadotto Bisagno, inserito nella tratta autostradale A12, attraversa la città di Genova ed è ubicato in prossimità dell'uscita di Genova Est. Esso si presenta come un'imponente struttura di lunghezza intorno ai 590 m e composto di otto campate delle quali le tre centrali, di luce di 116 m, scavalcano il fiume Bisagno e le circostanti zone urbane. Il manufatto in oggetto si può strutturalmente suddividere in due parti distinte: la prima è composta da tre campate con travate semplicemente appoggiate; la seconda è costituita da una successione di quattro stampelle di notevole altezza con sbalzi simmetrici, incernierati tra loro e a loro volta, cinque campate di luce rispettivamente di 68,68 + 116,00 + 116,00 + 116,00 + 68,68 m).



Idrodemolizione

Gli sbalzi d'estremità sono vincolati alle pile mediante due coppie di barre Dywidag. I due fusti di ogni pila sono incastrati alla base in fondazioni dirette o su pali per un'altezza pari a circa 60 m.

Il viadotto è a carreggiate separate (594 e 604 m) collegate solo da una coppia di puntoni alla sommità delle pile delle stampelle. L'impalcato e la testa delle pile delle stampelle sono in cemento armato pre-compresso. Alcuni di questi piloni presentano ammaloramenti con distacchi di copriferro che, oltre a esporre le armature non protette alle aggressioni atmosferiche costituiscono un grave pericolo per le sottostanti zone abitate.

Il monitoraggio del viadotto e le prove effettuate

Le indagini sono state eseguite per valutare lo stato di conservazione e le caratteristiche meccaniche e chimiche dei materiali costituenti la pila 5 del viadotto che manifestava parziali distacchi di porzioni del calcestruzzo di copriferro per la corrosione della sottostante armatura.

Le prove sono state svolte utilizzando una piattaforma aerea e hanno interessato entrambi i fusti (via destra-mare e via sinistra-monte) a diverse altezze da terra (indicativamente 7-10 e 23-25 m).

Le prove sono state integrate da un sopralluogo all'interno di alcune delle stampelle di impalcato di entrambe le vie di corsa del viadotto al fine di ricavare successivi elementi per la valutazione del degrado delle pile.

Le modalità di esecuzione delle indagini

Le prove hanno interessato entrambe le pile costituenti l'elevazione 5 e sono state precedute da un accurato esame visivo delle superfici ammalorate, sia all'esterno sia all'interno delle stesse.

Dopo aver eseguito qualche prova di resistenza per una prima stima delle caratteristiche del calcestruzzo, si è deciso di proseguire la valutazione della resistenza mediante l'esecuzione di carotaggi del diametro di 75 mm che hanno avuto come obiettivi:

- una verifica in continuo dell'effettiva presenza del calcestruzzo in tutto lo spessore dello stesso;
- la verifica dello spessore reale del copriferro;
- la ricerca del contenuto di cloruri e di carbonati, fornita esternamente e all'interno delle pile.

Le indagini sono state compiute utilizzando un sistema di due spezzoni di staffe sulle quali sono state installate le staffe per valutare la riduzione della sezione resistente. Sono stati realizzati due spezzoni di staffe co-

L'attrezzatura utilizzata

- Sclerometro Schmidt tipo N;
- Pacometro Protovale CM 5;
- Attrezzatura per estrazione con espansione (pull-out) modello Fischer;
- Carotatrice con corona da 75 mm;
- Martello demolitore e perforatore;
- Soluzione idroalcolica di Fenolftaleina.

L'intervento di risanamento

L'intervento di ripristino sulle pile, in sintesi, prevede:

- L'asportazione degli strati corticali mediante idrodemolizione di 3 cm circa per la rimozione del calcestruzzo degradato e messa a nudo dei ferri;
- La predisposizione d'armatura con rete elettrosaldata con maglia di 10x10 cm e diametro del filo di 10 mm, ancorata per mezzo di ganci inghisati alla struttura preesistente con malta reoplastica;
- Un getto di incamiciatura per uno spessore di 0,10 m, eseguito con betoncino reoplastico a ritiro compensato con $R_{cK} \geq 50$ MPa.

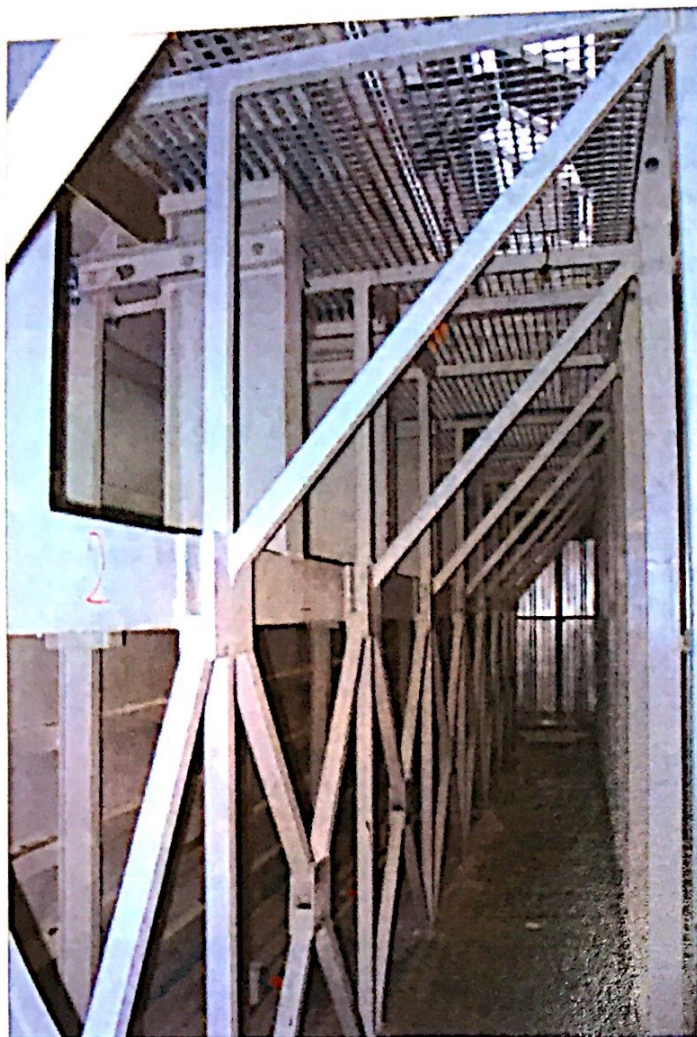
L'intervento è eseguito per successive fasce orizzontali dell'altezza di 2 m con il duplice intento di non indebolire le pile per un'eccessiva altezza e di limitare le pressioni conseguenti alla fase del getto di betoncino.

Si è inoltre curata l'assoluta tutela dell'ambiente circostante, garantendo quindi il recupero controllato di tutti i materiali di risulta prodotti nel corso dell'intervento, siano essi solidi o liquidi, e il loro convogliamento in appositi contenitori di raccolta ubicati a terra.

A tal proposito, la soluzione progettuale prevedeva la realizzazione di un ponteggio tradizionale avvolgente l'intera pila, completamente protetto all'esterno e dotato di ascensore-montacarichi, per poter operare su tutta la superficie della stessa.

Questa impostazione avrebbe comportato:

- l'onere di nolo o di quota-ammortamento di un'ingente quantità di ponteggi. Durante l'intervento soltanto meno dell'8% delle attrezzature di ponteggio sarebbero servite per la fase operativa, il resto sarebbe stato un immobilizzo improduttivo di materiale;
- l'onere di montaggio e smontaggio dei ponteggi, ripetitivo per ogni pila;



Il piano inferiore per le operazioni di armo e disarmo delle casseforme

- la difficile gestione delle casseforme e delle attrezzature per il getto, da movimentare nel rispetto dell'intricata struttura dei ponteggi e dei loro ancoraggi alle strutture della pila; operazione di casserratura, da ripetersi poco meno di trenta volte per ogni fusto di pila; una sua razionalizzazione e meccanizzazione mai si concilia con lo spostamento delle casseforme all'interno di un ponteggio, ancorato alla pila. inoltre, gli ancoraggi devono essere di volta in volta smontati e riadeguati: una volta eseguita l'incamiciatura

Da ciò è derivato il convincimento che la soluzione idonea al lavoro da eseguire sarebbe stata la creazione di una specifica struttura multifunzionale, concentrata esclusivamente nella zona di lavoro, che potesse integrare la possibilità di una comoda operatività nonché lo spostamento degli operai al suo interno, l'organicità delle attrezzature per l'idrodemolizione, per l'armatura, per la casserratura, per il getto, per il completo isolamento dall'esterno e, infine, con la capacità di spostarsi facilmente lungo l'asse della pila.

Questa officina autonoma si può considerare una scatola di dimensione 11x8 m e dell'altezza di 8 m, montata coassialmente alla pila, in grado di muoversi verticalmente mediante un sistema oleodinamico, completamente chiusa con pannelli rigidi all'esterno e guarnizioni striscianti al contatto con la pila e dotata all'interno di due piani di lavoro:

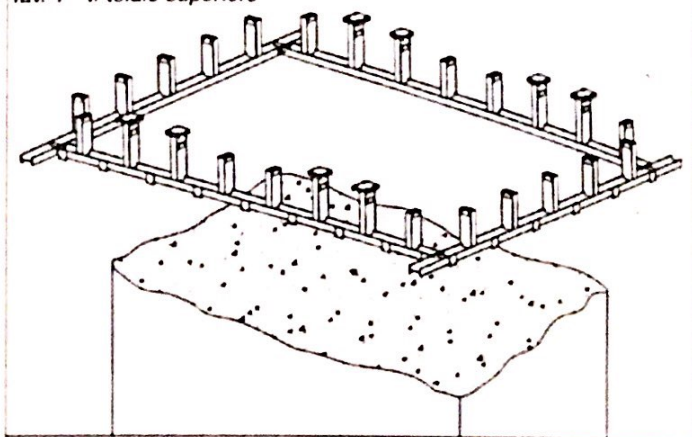
- un piano superiore per le operazioni di idrodemolizione, forature, predisposizioni armature, getto, su un'altezza di 2 m;
- un piano inferiore per le operazioni di armo e disarmo delle casseforme, sempre su un'altezza di 2 m.

L'impostazione della struttura e dei cicli di lavorazione

La struttura è schematizzata in due telai orizzontali che inglobano la pila, collegati tra loro con diagonali sul piano verticale. Il telaio superiore è realizzato con lpe 270 e presenta

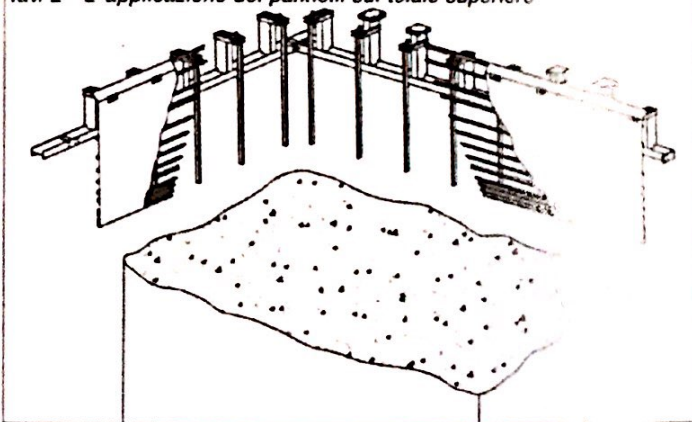
- ventisei attacchi per le casseforme
- quattro attacchi per il sistema di sollevamento
- quattro attacchi di riserva per le operazioni di discesa

Tav. 1 - Il telaio superiore



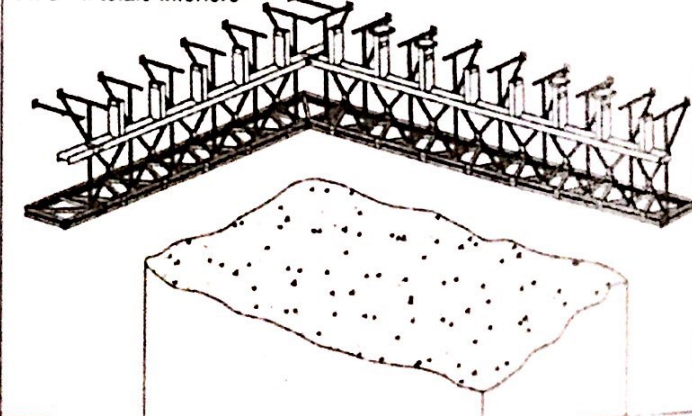
Al telaio sono quindi applicati stabilmente i pannelli di cassaforma (quattro, uno per ogni lato della pila) con il loro sistema di disarmo per rotazione attorno a un asse orizzontale.

Tav. 2 - L'applicazione dei pannelli sul telaio superiore



Il telaio inferiore è un telaio reticolare sul quale si scaricano in parte della sollecitazione derivante dalla pressione idrostatica del getto di calcestruzzo.

Tav. 3 - Il telaio inferiore





Il telaio inferiore è munito di contrasti con i pannelli di cassaforma per le regolazioni in fase di armatura e di disarmo della stessa.

La struttura del telaio inferiore rende possibile inoltre la base per il piano di appoggio per la passerella del piano inferiore, un camminamento realizzato in alluminio "anticorodal" improntato che accoglierà anche i materiali minuti provenienti dalla idrodemolizione per permettere di spazzarli e convogliarli in apposita discenderia.

I due telai sono tra loro collegati da una struttura reticolare in modo da realizzare una trave verticale che trasferisce tutti i carichi ai quattro punti di sospensione della struttura.

La struttura di collegamento sostiene inoltre la base per la passerella del piano superiore, realizzata in grigliato a maglia larga, dalla quale si eseguono le operazioni di idrodemolizione e armatura.

Le strutture di tamponatura esterna inglobano la pila per una altezza di circa 6 m, ciò per impedire cadute di materiale minuto provenienti dalla idrodemolizione o semplicemente della stessa acqua.

Alla struttura di tamponamento è quindi fissato un rivestimento in lamiera grecata in alluminio dotata di:

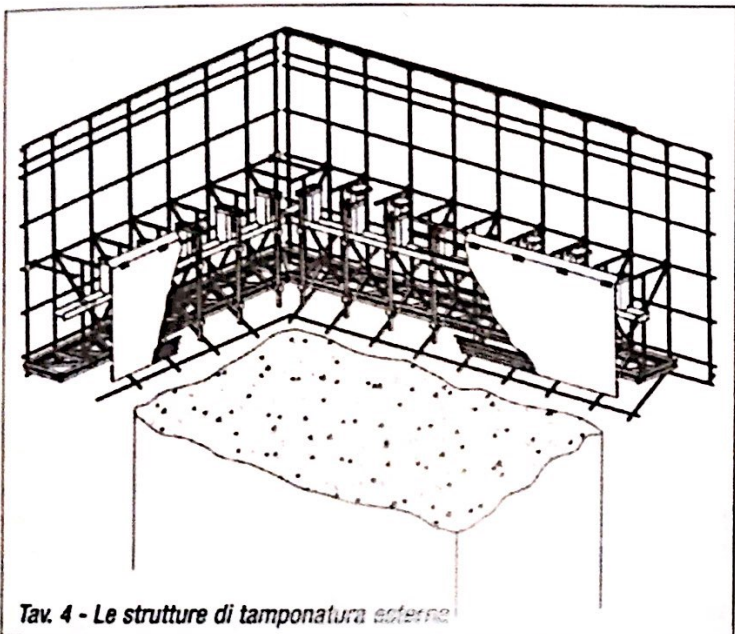
- ♦ Rivestimento interno in gomma, nella zona superiore, per attutire gli impatti dei materiali minuti provenienti dalla idrodemolizione, e il relativo rumore;
- ♦ Canale di gronda inferiore, con guarnizione di tenuta alla superficie della pila, per raccogliere l'acqua del processo e convogliarla nella apposita discenderia.

Gli attacchi per il sistema oleodinamico di sollevamento consistono in quattro piastre, in testa alle colonnine fissate sul telaio superiore, munite di otto fori.

Una volta eseguite le operazioni al piano superiore (idrodemolizione e predisposizione armatura) ed al piano inferiore (accostamento cassaforma, getto di incamiciatura e successivo disarmo), l'intera struttura si eleva di 2 m per ripetere il ciclo descritto.

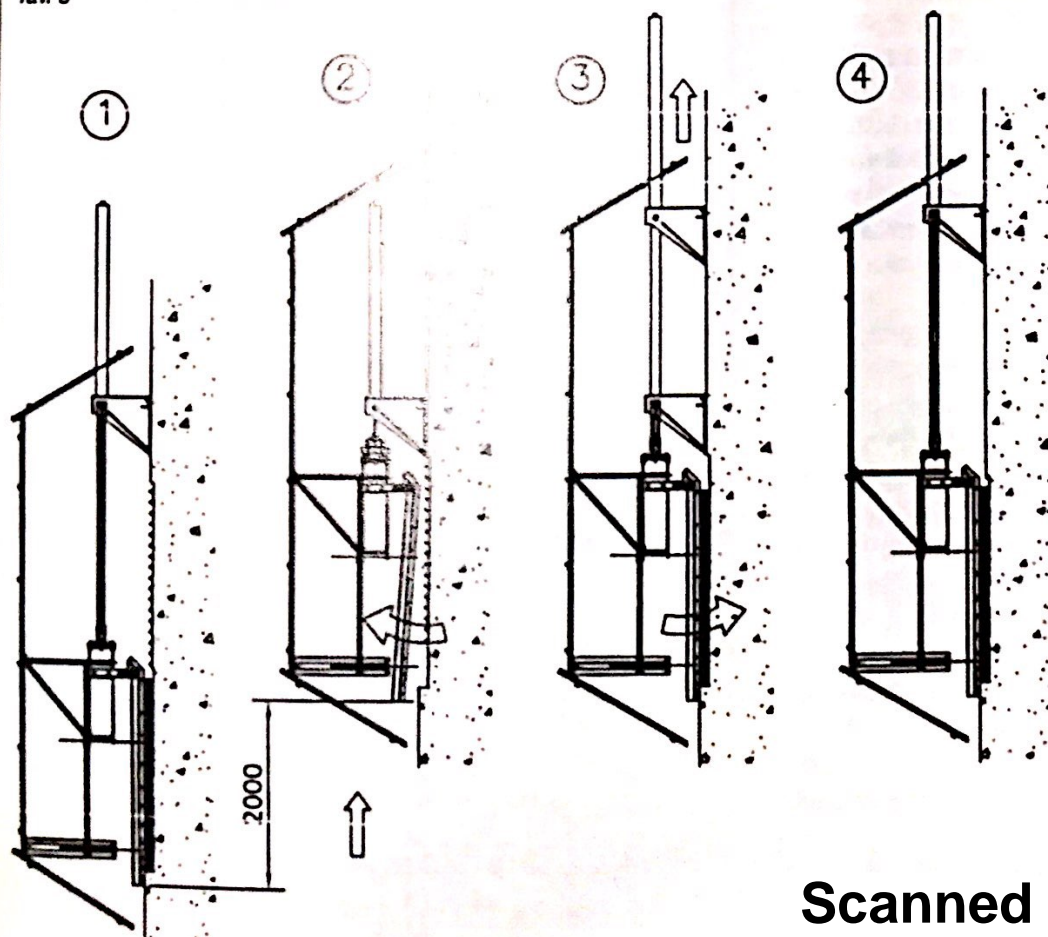
Gli accessi sono garantiti tramite:

- ♦ Scala fissa di servizio e sicurezza, predisposta da elementi di 2 m montati a ogni innalzamento della officina, con accesso dalla parte inferiore e dotata degli attacchi per i conduttori da terra alla quota di lavoro;
- ♦ Montacarichi, adibito al trasporto di materiale e persone, impostato esternamente al filo della struttura mobile per tutta l'altezza della pila e con porta laterale di accesso.



Tav. 4 - Le strutture di tamponatura esterne

Tav. 5



FASE	OPERAZIONE	COLLEGAMENTO
1	IDRODEMOLIZIONE ARMATURA	MECCANICO MENSOLA-STRUTTURA
2	SCASSERATURA PER ROTAZIONE SOLLEVAMENTO	IDRAULICO
3	CASSERATURA GETTO INCAMICIATURA	MECCANICO MENSOLA-STRUTTURA
	SFLAIO MARTINETTO MONTAGGIO MENSOLA SUPERIORE	MECCANICO MENSOLA-STRUTTURA
4	SMONTAGGIO MENSOLA INFERIORE	MECCANICO MENSOLA-STRUTTURA



Il sistema di sollevamento

Il sistema consiste in quattro martinetti oleodinamici a doppio effetto, della corsa di 2 m, collaudati a 500 bar e collegati in parallelo, per assicurare l'uguale ripartizione dei carichi; ciò garantisce notevoli margini di sicurezza per:

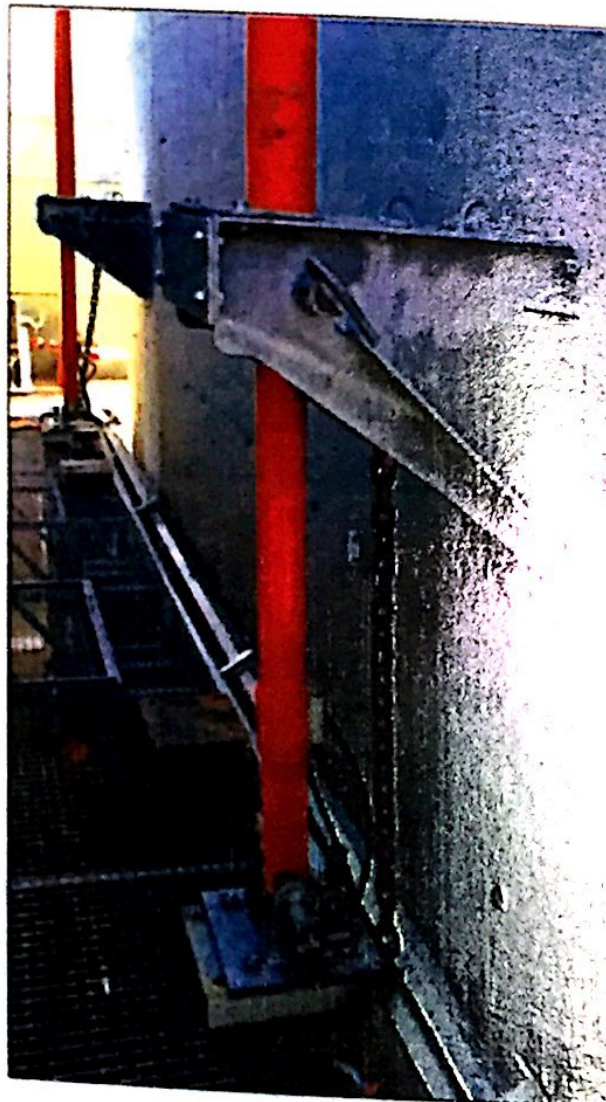
- Capacità di manovra: con un martinetto fuori uso e carico affidato a due soli martinetti (posizione di equilibrio sulla diagonale del telaio orizzontale), si arriva a una pressione dell'olio di 250 bar (la pressione dell'olio d'esercizio, in condizioni normali, è pari a 125 bar);
- Valvole di blocco immediato per la perdita di pressione dell'impianto.

I martinetti sono azionati da una centralina oleodinamica con pompa elettrica e separatori di flusso per garantire l'uniformità di sollevamento dei quattro martinetti.

Nelle fasi di sollevamento i martinetti lavorano a trazione, quindi in assenza di possibili carichi di punta; il funzionamento a compressione sarà limitato ai ritorni con martinetti scarichi.

Questi ultimi sono agganciati superiormente a mensole metalliche fissate sulla pila.

Le mensole sono dimensionate con lo stesso criterio dei martinetti (capacità di due mensole su quattro di sostenere il carico totale della struttura, tenendo conto dei relativi coefficienti di sicurezza).



I servizi

In entrata

- Energia elettrica per uso generale (eventuale illuminazione, piccole utenze, ecc.)
- Aria compressa (tubo di gomma del diametro di 50 mm),
- Acqua per l'idrodemolizione portata 32 l/min a pressione 2.000 bar (tubo di gomma armata ad a.p. del diametro di 25 mm);
- Calcestruzzo pompato dal basso (tubo di acciaio in elementi componibili, del diametro di 140 mm).

In uscita

- Acqua di scarico fino alla vasca di decantazione a terra, e di qui ai pozzetti (tubo polietilene del diametro di 140 mm);
- Detriti solidi della idrodemolizione, fino alla tramoggia di raccolta e di carico su automezzo (tubo polietilene del diametro di 250 mm);
- Scariche elettriche (cavo di messa a terra).

Gli impianti tecnologici

L'impianto di idrodemolizione

La tecnica di demolizione ormai ampiamente impiegata in questa tipologia d'interventi è quella dell'idrodemolizione, con la quale si ot-

tengono numerosi vantaggi, rispetto alle tecniche tradizionali; per citarne alcuni:

- Azione selettiva del getto d'acqua: il calcestruzzo ammalorato risulta meno coeso ed è rimosso più facilmente rispetto a quello integro;
- Riduzione di polveri e di vibrazioni e quindi di microfratture nella struttura;
- Alta velocità di rimozione, preparazione del supporto e simultanea idrosabbatura;
- Dilavaggio dei cloruri e dei contaminanti chimici presenti nella struttura ammalorata.

Attraverso una fattiva collaborazione con la ditta costruttrice, si sono individuati i parametri ottimali per soddisfare le esigenze del



Per quanto riguarda la delicata individuazione dell'ugello, dopo varie possibilità si è optato per una soluzione di getto orbitante.

La potenza concentrata dei 125 kW, sviluppata dall'unità su un unico getto d'acqua, ha consentito l'attuazione di tutti i parametri considerati in fase di progettazione.

Particolare attenzione è stata dedicata alla risoluzione dei concernenti problemi ecologici ed ergonomici, operando sia nell'insonorizzazione dell'unità e sia sul contenimento nella retrospinta generata dal getto d'acqua, nello specifico, avvalendosi di un sistema di carrelli reggispinta per rendere possibile l'effettuazione delle lavorazioni anche in modo manuale e di conseguenza operando in maniera più selettiva.

L'impianto di pompaggio calcestruzzo

Ogni getto d'incamiciatura, dell'altezza di 2 m, richiede un volume di calcestruzzo di circa 5 m³, pari ad un'autobetoniera di normali dimensioni.

La notevole altezza della pila rende insufficienti, dopo i primi getti, le normali attrezzature di pompaggio del calcestruzzo.

D'altra parte risulta improponibile un getto eseguito dall'alto, con autobetoniera posta sulla sede autostradale, soprattutto per la non disponibilità della sede stessa soggetta a frequenti restringimenti (l'Autostrada a due corsie senza emergenza per carreggiata, nel tratto interessato, funge anche da tangenziale urbana), inoltre per l'eccessiva prevalenza di un getto per gravità, oltre i 10 m di dislivello.

Nella soluzione adottata, l'autobetoniera rifornisce, dal basso, una pompa a pistoni dotata di motore Diesel da 60 CV, capace di pompare calcestruzzo con una portata di 30 m³/h fino ad un'altezza di 120 m, attraverso un impianto fisso di tubi di acciaio che col-



dell'unità ad alta pressione in grado di soddisfare le esigenze del progetto, massimizzando le prestazioni.



Le casseforme

Le casseforme sono costituite da quattro pannelli, in corrispondenza dei quattro lati della pila, per un'altezza di 2 m. Ogni pannello, fissato stabilmente alla struttura dell'officina, è incernierato in corrispondenza del suo bordo superiore ad un'asse orizzontale fissata ai supporti del telaio superiore, montati sui movimenti, per le operazioni di accostamento e di disarmo, consistono in una modesta rotazione attorno a tale asse, controllata da martinetti meccanici che fanno contrasto in corrispondenza del telaio inferiore, il sollevamento di tutta l'officina mobile, e quindi delle casseforme, dopo la rotazione di disarmo, completano l'operazione di scostamento delle superfici delle casseforme dal getto eseguito.

Le casseforme devono poter funzionare per trenta getti successivi, non essendo le superfici accessibili per operazioni di pulizia e di eventuale applicazione di disarmante. Il problema del loro mantenimento e della facilità di disarmo, oggetto di particolari attenzioni e prove su campione al vero, è stato risolto mediante un rivestimento delle superfici a contatto con i getti, eseguito con lastre di Teflon vergine incollato con resine epossidiche previo trattamento di cementazione. Il materiale, assolutamente inerte e inattaccabile, garantisce un'ottima finitura del getto e la perfetta pulizia delle casseforme.

Conclusioni

L'"officina" realizza in uno spazio limitato una serie di funzioni integrate.

Trattandosi di un prototipo la sua messa a punto ha potuto essere perfezionata solo in esercizio: dopo un ragionevole periodo di messa a regime, l'attrezzatura procede con un'ottima resa tecnica ed economica dimostrando notevole efficienza e adattabilità per il coordinamento delle varie funzioni attese e svolte.

L'attrezzatura, conforme alla Direttiva Macchine 98/37/CE (DPR 24.07.1996) è provvista di attestato di esame CE di Tipo, rilasciato da organismo notificatore riconosciuto OCE

* *Ingegnere della T.I.S. Tecniche Idraulico Stradali SpA di Roma*

** *Ingegnere della Società Autostrade per l'Italia SpA di Roma*

*** *Ingegnere della Spea Ingegneria Europea SpA di Genova*

Committenza: Autostrade per l'Italia SpA (Roma)
Realizzazione: Pavimental SpA (Roma) e T.I.S. Tecniche Idraulico Stradali SpA (Roma)
Progetto ed esecuzione della "Officina Mobile": T.I.S. Tecniche Idraulico Stradali SpA (Roma)
Direttore dei Lavori: Marco Vezil della SPEA Ingegneria Europea SpA (Genova)
Coordinamento Alta Sorveglianza da parte della Committenza: Ing. Gabriele Camomilla coadiuvato dall'Ing. Mauro Malgarini e dall'Ing. Mariano Romagnolo
Realizzazione Impianto Idraulico: Pneoil (Taranto)
Impianto di idrodemolizione: P.T.C. Italiana Srl (Genova)

