

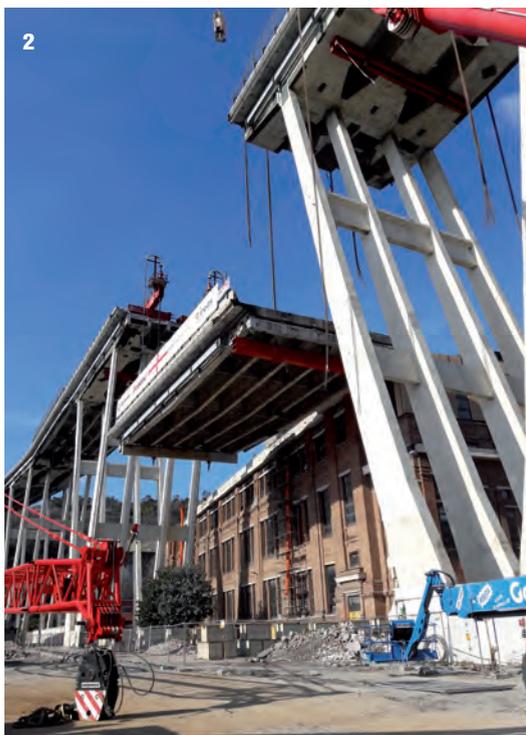
**Demolizioni Storiche****Rudy Corbetta**  
Marketing&Communication  
Fagioli

# Genova, 168 giorni di alta ingegneria

MENTRE IL NUOVO PONTE AUTOSTRADALE DI GENOVA PRENDE FORMA, PUBBLICHIAMO UN DETTAGLIATO RESOCONTO DELLE OPERAZIONI DI DEMOLIZIONE EFFETTUATE DA FAGIOLI. TRE LE PAROLE CHIAVE DELLA PARTITA: URGENZA, SICUREZZA E INGEGNERIA. MARTINETTI IDRAULICI, GRU CINGOLATE, SPMT, TORRI DI SOLLEVAMENTO SONO STATI SOLO ALCUNI DEI MEZZI TECNOLOGICAMENTE AVANZATI UTILIZZATI PER ESEGUIRE L'INTERVENTO VINCITORE DEL PREMIO "RIGGING JOB OF THE YEAR 2020" CONFERITO DALLO SC&RA.

1





2



3

1. Particolare del sistema "strand jacks"

2. Tampono numero 7

3. Tampono numero 8

**D**opo il crollo del ponte di Genova, nell'agosto 2018, Fagioli è stata chiamata insieme ad altri player per la rimozione delle sezioni del manufatto. L'azienda si è occupata delle delicate operazioni di abbassamento e smontaggio delle sezioni salvate dal crollo, che rappresentavano un grave pericolo per l'ambiente circostante. Fagioli ha messo sul tavolo la sua capacità ingegneristica per gestire queste enormi sezioni in cemento dal peso fino a 960 ton impiegando un sistema di martinetti idraulici "strand jacks", carrelli speciali SPMT per mobilitare le sezioni al suolo, gru cingolate di grossa portata utilizzate per il sollevamento/abbassamento di materiale e come supporto per le attrezzature Fagioli; per concludere con sistemi di sollevamento a cavalletto e rimorchi modulari.

## La sequenza delle operazioni

Dopo mesi di studi per accertarsi di poter operare in totale sicurezza, la prima operazione è stata quella della rimozione del tampono 8, compreso tra le pile 7 e 8., del peso di circa 916 ton, con una lunghezza di circa 36 m e una larghezza di 18 m. Per abbassare la sezione del ponte centrale, Fagioli ha utilizzato 4 martinetti idraulici con capacità fino a 600 ton (2 sul pilone del ponte versante Ovest e 2 sul lato Est). I martinetti sono stati posizionati su travi a sbalzo dotate di martinetti aggiuntivi (capacità di 180 ton ciascuno) con il compito di bilanciare l'intera struttura. Due travi di supporto sono state posizionate trasversalmente sotto i piloni del ponte Ovest ed Est per ancorare tutta la struttura di sollevamento/abbassamento alle sezioni del ponte. Sul pilone Est

## 168 Days of Top Level Engineering Operations in Genoa

**WHILE THE NEW GENOA HIGHWAY BRIDGE TAKES SHAPE, WE PUBLISH A DETAILED REPORT OF THE DEMOLITION OPERATIONS CARRIED OUT BY FAGIOLI. THREE KEYWORDS OF THE MATCH: URGENCY, SAFETY AND ENGINEERING. TOWER LIFT SYSTEM, STRAND JACKING SYSTEMS, CRAWLER CRANES, SPMTs WERE SOME OF THE TECHNOLOGICAL ADVANCED MEANS USED TO EXECUTE THE OPERATION WINNER OF RIGGING JOB OF THE YEAR 2020 AWARD BY SC&RA ASSOCIATION.**

After the collapse of the bridge, Fagioli was awarded, together with other expert operators for the removal of Morandi bridge sections. Fagioli with its high level of engineered equipment was called to cooperate for the lowering operations of the sections which did not breakdown and represented a serious danger for the surroundings. Fagioli put on the table its engineering capacity to handle this huge concrete sections weighing up to 960 ton. Fagioli used tower lift and strand jacking sys-

tem, SPMTs to mobilize the sections at ground level; Crawler cranes used either for the lifting/lowering of material and as a support for Fagioli equipment; gantry lifting system and modular trailers.

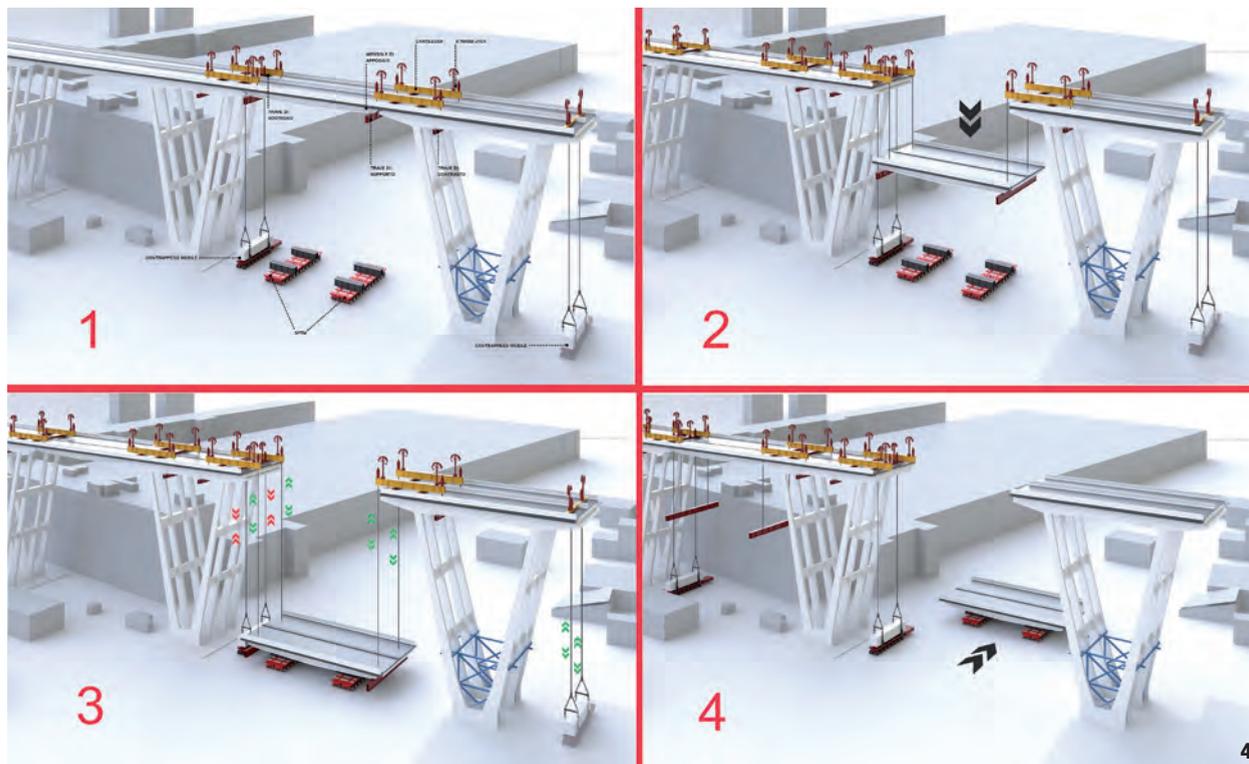
## The Sequence of Operations

Fagioli started the operation of the removal of the Berger beam no. 8, comprised between V shape piles 7 and 8, weighing about

1. Detail of the strand jacks system

2. Beam no. 7

3. Beam no. 8



4. Principali operazioni con "strand jacks"

5. Sistema di contrappesi

6. Il sistema "Cantilever Beam" di Fagioli

un'altra struttura è stata posizionata all'estremità superiore del ponte con 2 martinetti aggiuntivi usati come contrappesi per fornire un'azione di contro-bilanciamento durante l'abbassamento. Seguendo la stessa procedura (posizionamento dei contrappesi e dei martinetti; rimozione dei vincoli dei ponti come giunti fissi e mobili; azione di sollevamento della trave di alcuni centimetri; operazione di taglio con fili diamantati), il tampone 7 (del peso di 850 ton), il tampone 6 (916 ton) e il tampone 5 (916 ton) sono stati rimossi nell'arco due mesi. Alla fine di marzo, anche il tampone 4 è stato abbassato e smantellato. Nel frattempo, il 18 marzo, sono arrivate al cantiere 5 gru, da utilizzare per lo smantellamento delle pile Ovest. Le due gru principali avevano una capacità di 600 ton ciascuna.



916 ton, with a length of about 36m and 18m wide. Fagioli used 4 x 600 ton capacity strand jacks (2 strand jacks on the Western side bridge pylon and 2 on the Eastern side) to lower the central bridge section. The jacks used for the lowering operation were positioned onto cantilever beams provided with additional 4 strand jacks (180 ton capacity each) with the task of balance the whole structure. 2 support beams were transversally positioned underneath the Western and Eastern bridge pylons in order to anchor all the lifting/lowering structure to the w/e bridge sections. On the Eastern bridge pylon another structure was positioned at the top end of the bridge with 2 additional strand jacks with counterweights with the task of providing a counterbalancing action during the lowering. Following the same procedure (positioning of the counterweights and strand jacks; removal of decks constraints such as fixed and mobile joints;

lifting action of the beam by a few centimeters; cutting operation with diamond wires), Berger beam 7 (weighing 850 ton), beam 6 (916 ton) and beam 5 (916 ton) were lowered by strand jacking system in two months. By the end of March, deck beam number 4 was lowered and touched ground. In the meantime on March the 18, No.5 cranes arrived in Genoa, to be used for the dismantling operations of the Western piles. The two main cranes have a capacity of 600 ton each.

V Shape pile 5 was the first pile to be demolished on the West side of the bridge. The operations started with the removal of the lateral parts, the sidewalks. The deck was sectioned in three parts in the longitudinal direction: the first section weigh-

4. Main strand jacking operations

5. Counterbalance system

6. Fagioli Cantilever Beam System

Il pilone 5, sempre sul lato Ovest, è stato il primo a essere demolito. Le operazioni sono iniziate con la rimozione delle parti superiori, i marciapiedi. Il ponte è stato sezionato in tre parti con taglio longitudinale: la prima sezione del peso di 300 ton è stata abbassata il 16 aprile; la seconda (310 ton) il 19 aprile e, infine, la terza il 26 aprile con l'ausilio delle gru cingolate. Una volta rimosse le parti superiori, i pilastri sono stati tagliati e a loro volta e divisi in altrettante sezioni, abbassate con le gru e caricate sui carrelli SPMT, per essere poi demolite in un'altra ala. Sequenza dello smontaggio dei piloni: 4 (fine maggio); 7 (prima metà di giugno); 6 (prima settimana di luglio); 3 (fine luglio); 8 (primi giorni di agosto) e contemporaneamente anche la pila 2. Il tamponone 11 dal peso di 750 ton, il più complesso da un punto di vista tecnico al pari del tamponone 8, è stato rimosso con i martinetti a fine maggio. Le operazioni di smontaggio, per quanto concerneva l'obiettivo di lavoro della Fagioli, si sono concluse il 31 luglio, mentre la completa demolizione del ponte è avvenuta il 12 agosto 2019.

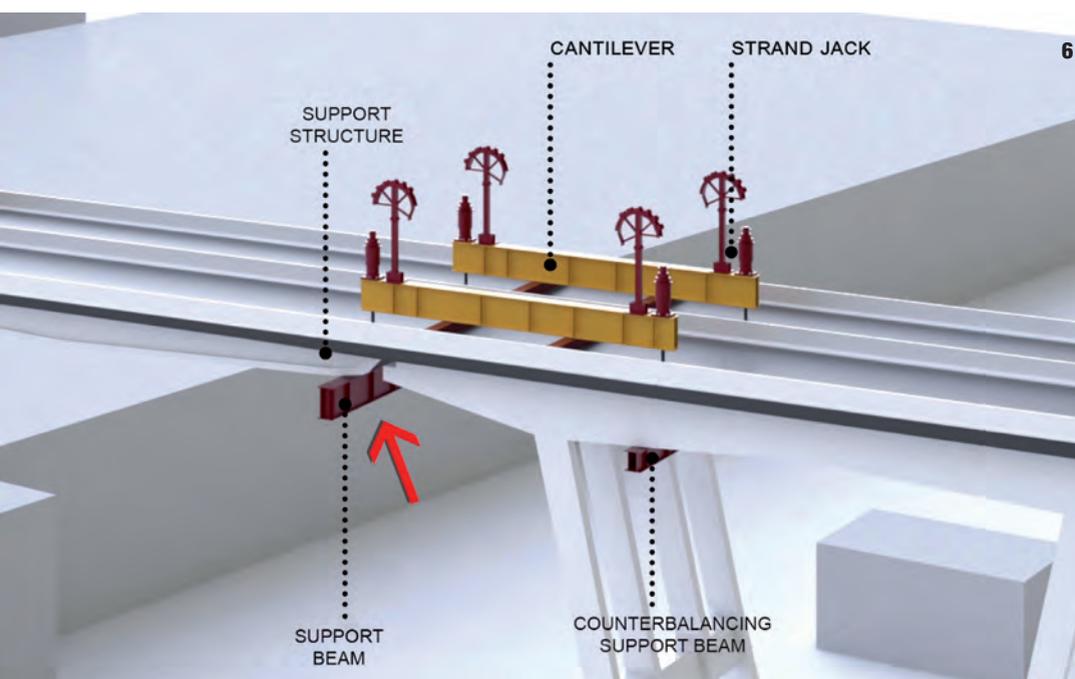
### Principali criticità

I lavori di demolizione su strutture complesse richiedono uno sforzo di pianificazione rilevante, poiché si opera su strutture civili concepite e costruite in tempi passati con

regolamenti diversi rispetto ai requisiti di sicurezza odierni. È il caso del ponte genovese sul Polcevera, una delle massime espressioni della capacità ingegneristica italiana nel campo delle strutture in cemento armato precompresso negli anni Sessanta. Il suo crollo parziale ha determinato una situazione di equilibrio statico anomalo e una condizione potenzialmente rischiosa nella struttura rimanente. Di conseguenza, le procedure adottate per lo smantellamento del ponte hanno comportato fasi preparatorie dettagliate di messa in sicurezza e collaudi funzionali delle strutture rimanenti al fine di garantire che le operazioni si svolgessero in condizioni di massima sicurezza e stabilità.

### Operazioni di sicurezza e test strutturali

Il viadotto era diviso in due sezioni distinte con diverse peculiarità strutturali. Sul lato Ovest, il manufatto consisteva in una serie di otto pile con piloni inclinati a "V" incastonati alla base, con una lunghezza media di 36 m e un'altezza di 45 m. Sul lato Est, invece, vi erano solo due grandi piloni strallati con campate a sbalzo, con una lunghezza totale di circa 180 m e un'altezza di 90 m. Fagioli ha inizialmente eseguito dei test di carico, sia con i martinetti idraulici che con i carrelli SPMT evidenziando le eventuali deformazioni della struttura. Al fine di identificare le condizioni di stress post-incidente e le capacità di resistenza, l'intero lavoro è stato modellato sugli elementi finiti e calcolato in tutte le sue fasi temporali, dalla costruzione del manufatto con i disegni originali, al collasso dell'impalcato, fino alla rappresentazione di tutte le fasi intermedie dello smantellamento con una dettagliata pianificazione delle operazioni. Gli eventuali effetti di deformazione sono stati valutati con scanner laser. Sono state inoltre prese misure adeguate per ripristinare l'equilibrio delle strutture sopravvissute che hanno comportato carichi altamente asimmetrici a causa della mancanza di tutti gli elementi strutturali crollati. Questo è stato il caso della pila 8 che, a causa del crollo dell'impalcato sul lato Est, era in una forte condizione sbilanciata. L'operazione di riequilibrio è stata eseguita appli-



ing 300 ton was lowered on the 16<sup>th</sup> of April; the second (310 ton) on the 19<sup>th</sup> of April and, eventually the third one on the 26<sup>th</sup> of April by crawler cranes with a rotation action. After the three portions of deck beam, the pillars were also sectioned to two thirds of their height by oblique cuts and the sections taken away by Fagioli SPMTs.

In the same way the pile no. 4 (end of May), the pile 7 (first half of June), the pile 6 (first week of July), the pile 3 (end of July) and the pile 8 (early days of August), were dismantled. Berger beam 11 (weighing 750 ton) was cut and lowered with jacks by the end of May. If blasting with explosives was initially foreseen for the pile 8, it was decided to disassemble just like the other

piles. Being 4m longer than all the others, it required some additional cuts. Unlike the other piles the legs of pile 8 were dismantled. Berger beam no. 11 (weighing 750 ton) was cut and lowered with jacks by the end of May. If blasting with explosives was initially foreseen for the pile no. 8, it was decided to disassemble just like the other piles. Being 4 meters longer than all the others, it required some additional cuts. Unlike the other piles, the legs of pile no. 8 were cut with diamond wire and loaded and lowered with Fagioli crawler cranes. Pile 2, the last one left, was demolished at the same time as the pile 8. The demolition of the bridge ended on the 12<sup>th</sup> of August 2019. (Fagioli scope of work ended on the 31<sup>st</sup> of July).

### Main Criticality and Safety Concern

Demolition works on complex structures require a relevant planning effort, as in many cases we need to operate on civil



7

cando forze esterne a supporto del materiale collassato, di un importo pari al peso di quest'ultimo. Il carico verticale esterno, pari a circa 300 ton, è stato applicato mediante due martinetti posizionati sulla trave a sbalzo dei piloni a sostegno del tampone, contrastati alla base da un contrappeso di massa adeguata.

I piloni sono stati precedentemente rinforzati per garantire maggiore sicurezza a tutta l'operazione.

Una volta completati i test funzionali di sicurezza, sono iniziate le fasi operative di demolizione. Sul lato Ovest, per lo smantellamento dei piloni e i relativi tamponi, è stata progettata una struttura in metallo di travi a sbalzo "Fagioli cantilever beam", appoggiato direttamente sui piloni. Il sistema di sollevamento, posizionato all'estremità della sezione del ponte a sbalzo, ha sollevato gradualmente

il tampone, per consentire il taglio del supporto su cui il manto stradale era stato posizionato in fase di costruzione e l'abbassamento dello stesso a terra. Il posizionamento dei martinetti in posizione opposta a quelli di sollevamento ha garantito la stabilità durante l'operazione. Il sistema di "cantilever beam" è stato progettato in modo tale da distribuire i carichi sui piloni in modo isostatico e uniforme, in grado di trasferire perfettamente il carico di 250 ton di ciascuno dei due martinetti sulle tre sezioni che componevano i piloni. Il carico trasferito su ciascuna struttura in cemento armato, è stato applicato "per supporto", cioè per contatto dal basso, e non "per trazione. Questo tipo di metodologia ha richiesto di praticare alcuni fori (eseguiti con carotatrici) sul cemento armato con lo scopo di aumentare la sicurezza.



8

**7, 8, 9. Operazione di rimozione delle sezioni tramite carrelli speciali SPMT**



structures conceived and built many years ago with different regulations compared to nowadays requirements. This is the case of the Morandi bridge, one of the highest expressions of the Italian engineering capacity in the field of prestressed concrete structures back in the sixties. The partial collapse of the structure, determined a situation of anomalous static balance and potentially risky condition, in the remaining structure. Consequently, the procedures adopted for the dismantling of the bridge involved a detailed preparatory phases of securing and functional testing of the remaining structures in order to ensure that the operations would take place in conditions of maximum safety and stability.

### Securing Operations and Testing Phases

The viaduct was divided into two distinct sections with dif-

ferent structural peculiarities. To the West side, the viaduct consisted of a series of eight piles with inclined "V" shaped columns embedded at the base, with an average length of 3 m and a height of 45m. To the East side there were only two large cable-stayed piles with cantilever spans, total length of about 180m and total height of 90m

Fagioli proceeded with repeated load tests, carried out by detecting the deformations of the structure

In order to identify the conditions of post-incident stress and the residual resistant capacities, the entire work was modeled on the finished elements and calculated in all its temporal phases from construction to collapse up to the representation of all the intermediate steps of the planned dismantling operations. The eventual deformation effects and flow within a material of post-compression were assessed with laser scanners. Steps were taken to restore the balance of the sur-

**7, 8, 9. Removing the section by SPMT**



### Smontaggio piloni sul lato Ovest

Una volta rimossi i tamponi del lato Ovest, il lavoro è continuato con lo smontaggio dei piloni. Questa attività è stata effettuata inizialmente con dei tagli longitudinali nella struttura in cemento, lunghi circa 36 m e con uno spessore fino a 3 m. L'intera struttura in cls è stata tagliata in 3 blocchi di grandi dimensioni con un peso che fosse adatto al sollevamento e alla rimozione mediante due gru cingolate Fagioli Demag CC-2800, in configurazione SSL, con braccio 78 m, Superlift 300 ton a 13m. A causa della forma dei piloni le gru sono state utilizzate come sostegno delle sezioni, durante il taglio. I fori ottenuti con il sistema di "carotaggio", come già accennato precedentemente, hanno aumentato il livello di sicurezza e facilitato le operazioni durante le deli-

cate e chirurgiche azioni di smontaggio. Tutti i blocchi ottenuti dal sezionamento dei piloni, una volta a livello del suolo, sono stati rimossi per mezzo dei carrelli Fagioli SPMT.

### Rimozione tampone 11 sul lato Est

Per quanto riguarda i due piloni sul lato Est che si sono conservati al crollo, essi erano molto più alti e più complessi da gestire rispetto ai piloni del lato Ovest poiché fissati con grandi travi a sbalzo. Per poter effettuare lo smantellamento del tampone 11, compreso appunto tra i piloni 10 e 11, Fagioli ha eretto tre coppie di torri di sollevamento, due per il pilone 10 e una per il pilone 11, ciascuna alta 50 m, posizionate su fondamenta di cemento appositamente realizzate. Le torri di sollevamento avevano la funzione di sostenere tem-

viving structures which resulted to have highly asymmetrical loads due to the lack of the collapsed structural elements. This is the case of pile 8 which, due to the loss of the Berger beam on the Eastern side, was in a strong unbalanced condition. The re-balancing operation was performed by applying external forces at the support of the collapsed pad, of an amount equal to the weight of the latter. The external vertical load, equal to about 300 tons, was applied by means of two cable recovery jacks positioned onto the cantilever beam of the pile, contrasted at the base by a counterweight of adequate mass. The piles were previously reinforced in order to guarantee more safety. Once the safety and functional tests were completed, the real demolition phases began. To the West side, the eight piles and the related Berger beams were dismantled in pieces. For the dismantling of the Berger beams, supported by the V shaped piles, a metal structur-

al work system was designed "Fagioli cantilever beam system", resting onto the piles. The lifting system, positioned at the end of the cantilever bridge section, raised it gradually, in order to allow the cutting of the support onto which it was placed and lowering it to the ground. The positioning of strand jacks opposite to the lifting one, guaranteed stability. The support system of the "Fagioli cantilever beam system" was designed to distribute the loads onto the pile in an isostatic and uniform manner, able to perfectly transfer the 250 ton load of each of the 2 strand jacks onto the three sections of the pile. The load transferred to each concrete structure, was applied "by support", that is by contact from below, and not "by traction". This kind of methodology required to do some holes (executed with core drilling machines) and avoiding plastering elements of carpentry onto the reinforced concrete. This action increased safety on site.





10

poraneamente dal basso le travi a sbalzo dei piloni, in caso di eventuale cedimento strutturale. Le travi di supporto, posizionate sotto i piloni, applicavano un carico verticale verso l'alto di circa 600 ton al fine di garantire un riequilibrio dei carichi. Le torri di sollevamento e le travi di sostegno sono state quindi progettate per due diverse combinazioni di carico: il primo chiamato di "servizio", con carichi imposti dal sistema idraulico sulla struttura in cls pari a 600 ton per coppia

di torri e il secondo chiamato "eccezionale" con carichi imposti sulla struttura pari a 2.400 ton per coppia di torri. Al fine di aumentare la precisione e monitorare costantemente il carico trasmesso alla struttura in cemento armato, è stato adottato anche un sistema di lettura con celle di carico, con una precisione dello 0,5%, con letture H24, 7 giorni alla settimana. Il sistema era montato alla base di ogni martinetto. Quest'operazione di ancoraggio ha consentito la rimozione



11

**10, 11, 12. Un intervento critico: il tampono numero 11**



## The Dismantling Phases of the Piles in the Western Area

Once the beams were removed, the work continued with the disassembly of the piles. This activity was carried out by making longitudinal cuts in the concrete structure, about 36 m long with thickness up to 3 m. The whole concrete structure was divided into 3 large blocks with a weight suitable for lifting by means of two Fagioli Demag CC-2800 crawler cranes, in SSL configuration, with 78m boom, Superlift 300 ton at 13m. Due to the shape of the pile, before it was cut, it was necessary to support it with the cranes, which maintained, for the entire duration of the cut, a weight close to 100% of its weight. The "coring" systems allowed Fagioli to obtain specific holes, in order to facilitate the surgical operations of disassembly. All the blocks obtained from the sectioning of the piles, once at ground level were removed by means of Fagioli SPMTs.

## Removing the Berger Beam 11 on the Eastern Side

For what concerned the two piles on the Eastern side that survived the collapse of the third, they were much higher and more complex to be handled compared to the piles of the Western side as they were cable-stayed with large cantilever beams. No. 3 pairs of Fagioli lifting towers were erected, two for pile 10 and one for pile 11, each 50m high, positioned on specifically cast concrete foundations.

The lifting towers, had the function of temporarily supporting the three cantilever beams of the piles from below, in the event of structural collapse of the stays. The support beams also applied a vertical load upwards of about 600 tons to ensure a re-balancing of the loads. The lattice lifting towers and beams were therefore designed for two load combinations: the first called "service", with loads imposed by the hydraulic system on

**10, 11, 12. A technical challenge: the beam no. 11**

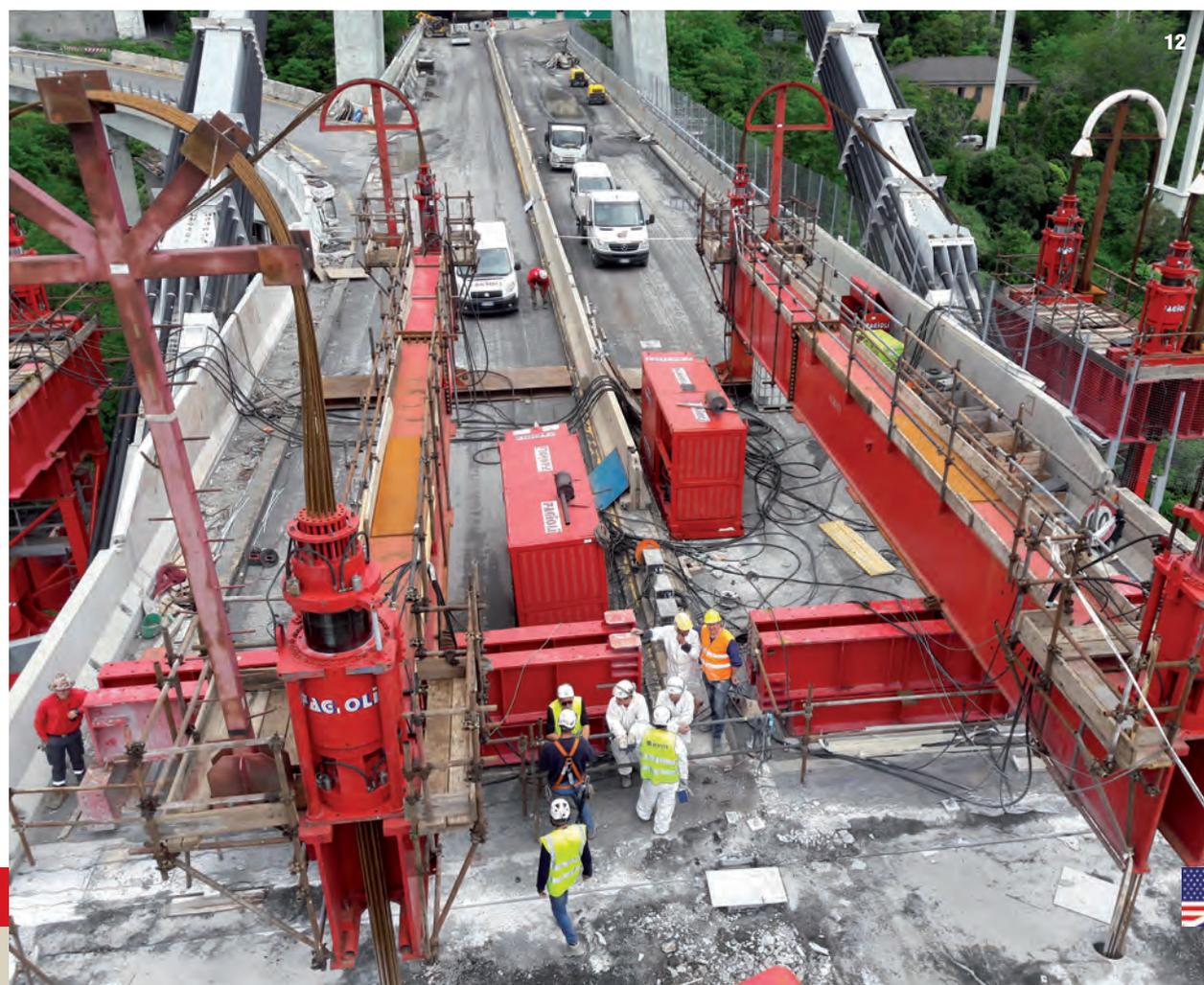


del tampone 11 in totale sicurezza. I piloni 10 e 11 sono stati fatti esplodere con un'operazione chirurgica, al di fuori dello scopo di lavoro della Fagioli. In più sono state effettuate operazioni di mitigazione e bonifica dell'area per la presenza di amianto e la conseguente demolizione degli edifici vicino al ponte. Operazioni non eseguite da Fagioli. Tre parole per riassumere l'intero lavoro:

- **Urgenza** - per le operazioni di demolizione del rimanente ponte al fine di preparare l'area per la costruzione di quello nuovo e completato di recente, dove Fagioli ha eseguito le operazioni di trasporto e sollevamento delle sezioni;

- **Sicurezza** - ogni singolo aspetto dell'intera operazione, 168 giorni ininterrotti di lavori, è stato pianificato e dettagliato al fine di garantire il massimo livello di sicurezza, considerando la precarietà degli impalcati che sono rimasti dopo il crollo;

- **Ingegneria** - Martinetti idraulici, gru cingolate, SPMT, torri di sollevamento... solo per citarne alcuni, sono stati i mezzi tecnologicamente avanzati utilizzati per eseguire l'operazione sulla base di centinaia di disegni tecnici e test funzionali. Nessun incidente è occorso durante i 168 giorni continui di lavori. ■■



the concrete structure equal to 600 tons per pair of towers and the second called "extra-heavy" with loads imposed on the hydraulic system from the concrete structure equal to 2400 tons per tower pair. In order to increase precision and constantly monitor the load transmitted to the reinforced concrete structure a reading system with load cells was also adopted, with an accuracy of 0.5%, with readings H24, 7 days a week. The system was mounted at the base of each jack.

The securing operation allowed the removal of Berger beam 11. Piles 10 and 11 were exploded with a surgical operation (operation not executed by Fagioli). Operation of Mitigation and reclamation of the area were executed for the presence of asbestos and the demolition of the buildings around the bridge (out of Fagioli scope of work).

Just three words to summarize the entire job:

- **Urgency** - to demolish the old bridge in order to prepare for the new one for which Fagioli was called for the transport and installation of the main sections;

- **Safety** - Every single aspect of the whole operation (168 uninterrupted days), was planned and detailed in order to guarantee the highest level of safety, considering the poor conditions of the remaining bridge sections;

- **Engineering** - Tower lift system, strand jacking systems, crawler cranes, SPMTs... just to mention a few, were the technological advanced means used to execute the operation after hundreds of engineering drawings and calculations.

This challenging project consisted in 168 days of uninterrupted work with zero accidents. ■■