

Demolizione con esplosivi dei viadotti  
JANNELLO, ITALIA e BATTENDIERO 1  
eseguita con l'autostrada in esercizio  
sulla "Salerno - Reggio Calabria"

y 2014 - 2016

NITREX



explosives  
engineering



AiFOS

Associazione Italiana Formatori ed  
Operatori della Sicurezza sul Lavoro

CONVEGNO DI STUDIO E APPROFONDIMENTO

## LE GRANDI OPERE

L'importanza della sicurezza dalla  
progettazione al taglio del nastro



A Partner of  
**VISION ZERO**  
Safety Health Wellbeing

CONFCOMMERCIO  
UNIONE PER L'ITALIA

CIP  
Comitato Interministeriale  
Italiano per la Prevenzione

Media Partner  
**PuntoSicuro**  
AMBIENTE SICUREZZA

Collegio  
Geometri e Geometri Laureati  
della Provincia di Brescia

23 Maggio 2018  
Dott. ing. Roberto Folchi  
NITREX srl

## Demolizione con esplosivi dei viadotti JANNELLO, ITALIA e BATTENDIERO 1

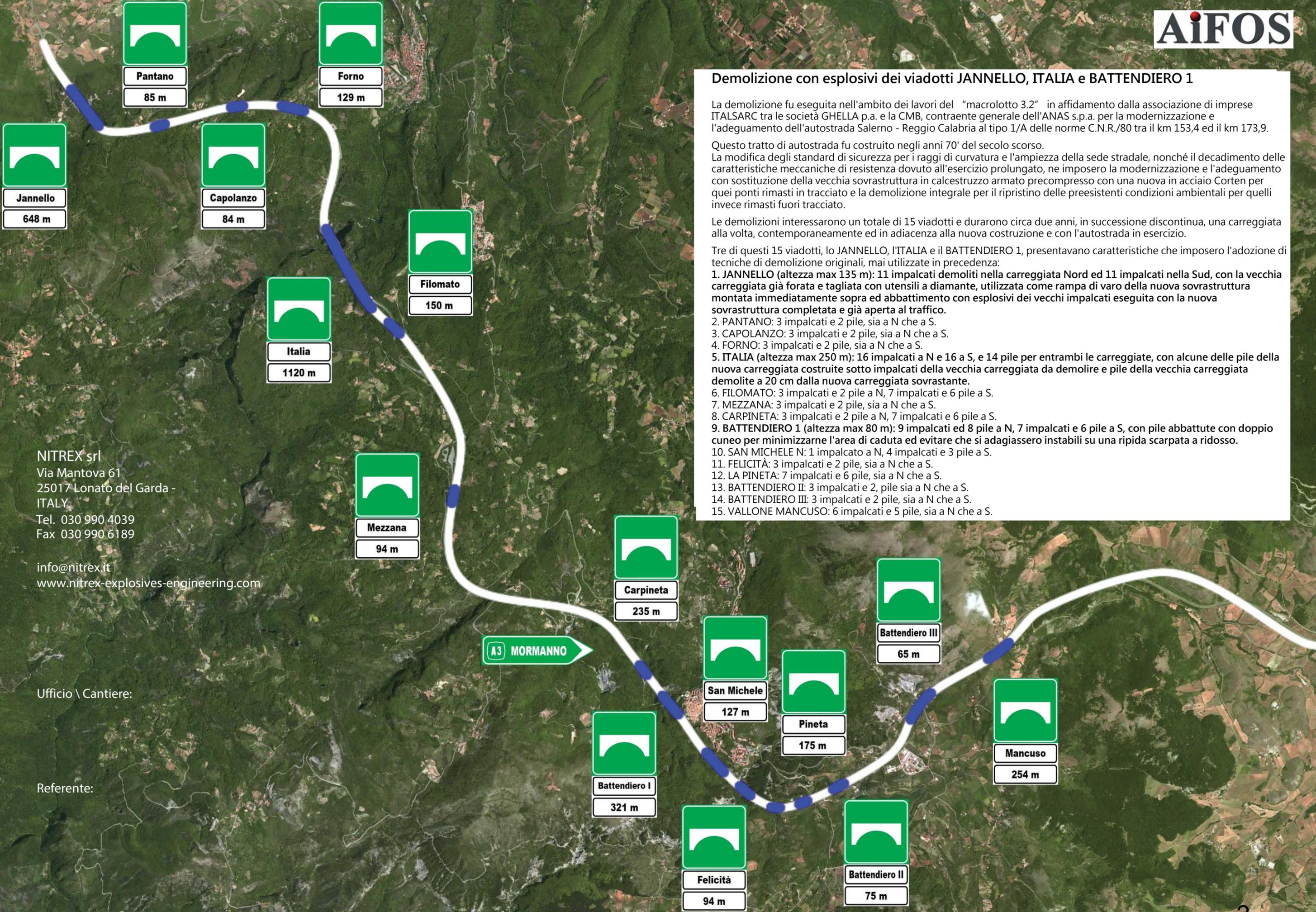
La demolizione fu eseguita nell'ambito dei lavori del "macrolotto 3.2" in affidamento dalla associazione di imprese ITALSARC tra le società GHELLA p.a. e la CMB, contraente generale dell'ANAS s.p.a. per la modernizzazione e l'adeguamento dell'autostrada Salerno - Reggio Calabria al tipo 1/A delle norme C.N.R./80 tra il km 153,4 ed il km 173,9.

Questo tratto di autostrada fu costruito negli anni 70' del secolo scorso. La modifica degli standard di sicurezza per i raggi di curvatura e l'ampiezza della sede stradale, nonché il decadimento delle caratteristiche meccaniche di resistenza dovuto all'esercizio prolungato, ne imposero la modernizzazione e l'adeguamento con sostituzione della vecchia sovrastruttura in calcestruzzo armato precompresso con una nuova in acciaio Corten per quei ponti rimasti in tracciato e la demolizione integrale per il ripristino delle preesistenti condizioni ambientali per quelli invece rimasti fuori tracciato.

Le demolizioni interessarono un totale di 15 viadotti e durarono circa due anni, in successione discontinua, una carreggiata alla volta, contemporaneamente ed in adiacenza alla nuova costruzione e con l'autostrada in esercizio.

Tre di questi 15 viadotti, lo JANNELLO, l'ITALIA e il BATTENDIERO 1, presentavano caratteristiche che imposero l'adozione di tecniche di demolizione originali, mai utilizzate in precedenza:

1. JANNELLO (altezza max 135 m): 11 impalcati demoliti nella carreggiata Nord ed 11 impalcati nella Sud, con la vecchia carreggiata già forata e tagliata con utensili a diamante, utilizzata come rampa di varo della nuova sovrastruttura montata immediatamente sopra ed abbattimento con esplosivi dei vecchi impalcati eseguita con la nuova sovrastruttura completata e già aperta al traffico.
2. PANTANO: 3 impalcati e 2 pile, sia a N che a S.
3. CAPOLANZO: 3 impalcati e 2 pile, sia a N che a S.
4. FORNO: 3 impalcati e 2 pile, sia a N che a S.
5. ITALIA (altezza max 250 m): 16 impalcati a N e 16 a S, e 14 pile per entrambi le carreggiate, con alcune delle pile della nuova carreggiata costruite sotto impalcati della vecchia carreggiata da demolire e pile della vecchia carreggiata demolite a 20 cm dalla nuova carreggiata sovrastante.
6. FILOMATO: 3 impalcati e 2 pile a N, 7 impalcati e 6 pile a S.
7. MEZZANA: 3 impalcati e 2 pile, sia a N che a S.
8. CARPINETA: 3 impalcati e 2 pile a N, 7 impalcati e 6 pile a S.
9. BATTENDIERO 1 (altezza max 80 m): 9 impalcati ed 8 pile a N, 7 impalcati e 6 pile a S, con pile abbattute con doppio cuneo per minimizzarne l'area di caduta ed evitare che si adagiassero instabili su una ripida scarpata a ridosso.
10. SAN MICHELE N: 1 impalcato a N, 4 impalcati e 3 pile a S.
11. FELICITÀ: 3 impalcati e 2 pile, sia a N che a S.
12. LA PINETA: 7 impalcati e 6 pile, sia a N che a S.
13. BATTENDIERO II: 3 impalcati e 2, pile sia a N che a S.
14. BATTENDIERO III: 3 impalcati e 2 pile, sia a N che a S.
15. VALLONE MANCUSO: 6 impalcati e 5 pile, sia a N che a S.



NITREX srl  
 Via Mantova 61  
 25017 Lonato del Garda - ITALY  
 Tel. 030 990 4039  
 Fax 030 990 6189  
 info@nitrex.it  
 www.nitrex-explosives-engineering.com

Ufficio \ Cantiere:

Referente:

### La DEMOLIZIONE DI VIADOTTI CON PRELIMINARE ABBATTIMENTO CON ESPLOSIVI il sistema più sicuro per la demolizione di strutture alte

Quello con gli esplosivi è il sistema più sicuro per demolire ponti alti mediante preliminare abbattimento al suolo. La demolizione, una volta che le strutture sono a terra, può proseguire con mezzi meccanici di dimensioni standard, in sicurezza, agevolmente, efficacemente e rapidamente. Infatti, per la demolizione a terra possono essere usati martelli demolitori e pinze idrauliche montati su escavatori a braccio rovescio operanti nelle modalità ottimali per la frantumazione del calcestruzzo armato ovvero quelle con spinta dall'alto verso il basso.

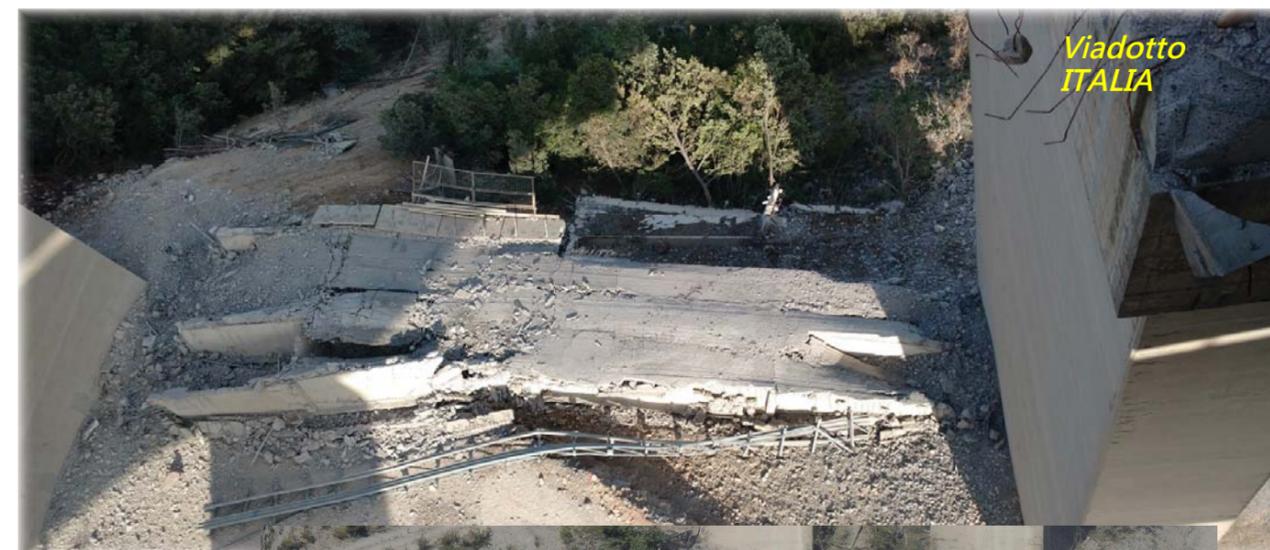
L'uso di esplosivi è conveniente per strutture di altezza superiore ai 6 ÷ 9 metri, la dove sarebbe necessario l'utilizzo di escavatori a braccio maggiorato. Di questi ultimi se ne trovano con altezza di lavoro sino a 40 m, però l'impiego presenta elevati rischi di ribaltamento oltretutto a fronte di una produttività molto bassa. Per le strutture più alte è poi necessario montare pinze idrauliche su una gru, con rese ancora inferiori, costi e tempi un'ordine di grandezza superiori.

Da tener presente come la demolizione meccanica costringe al costante contatto fisico ravvicinato con la struttura, per la lenta, progressiva e puntuale disgregazione del calcestruzzo e successivo taglio dei ferri d'armatura. In fase di demolizione di strutture alte, quindi, pericolo e rischio d'inatteso crollo diventano elevati, soprattutto in presenza di difformità di resistenza meccanica non rilevate come, ad esempio, nel caso di locale ammaloramento o lesionamento del calcestruzzo a seguito di eventi tellurici e/o per fatica da eccessivi cicli di carico, magari pure con carichi maggiorati, oppure per la riduzione della sezione resistente del ferro d'armatura esposto e corroso, ecc.. Nel caso peggiore il crollo improvviso coinvolge mezzi d'opera ed operatori, come numerosi incidenti stanno a testimoniare.

È evidente dunque come, per la demolizione di strutture alte, il sistema più sicuro sia quello che prevede il preliminare abbattimento al suolo con esplosivi perché le fasi a rischio sono effettuate con personale e mezzi a distanza di sicurezza.

Volumi predefiniti di struttura sono asportati con precisione di centesimi di secondo, modificando l'assetto statico e creando cerniere plastiche per un cinematismo di caduta senza rischio per il personale e per i mezzi d'opera.

Anche per la sua maggiore rapidità d'esecuzione la tecnica di demolizione con esplosivi è la più sicura, appunto perché le fasi a rischio sono concentrate in tempi di ordini di grandezza inferiori rispetto a quelli delle demolizioni meccaniche. Lo stesso per quanto riguarda interferenze e soggezioni ad altre lavorazioni in cantiere ed alla viabilità adiacenti.





## La STRUTTURA DEL PROGETTO DI DEMOLIZIONE

Il progetto di demolizione fu compendiato in una serie di documenti:

1. PROGETTO DI MASSIMA, con sommaria descrizione del lavoro per la divulgazione non tecnica.
2. VALUTAZIONE dell'IMPATTO AMBIENTALE con LINEE GUIDA per il contenimento degli effetti indotti all'intorno garantendo al 100% la non insorgenza di danni per:
  1. vibrazioni dovute all'esplosione ed al successivo impatto al suolo delle strutture
  2. onda di sovrappressione in aria
  3. lancio di frammenti di abbattuto.
 I valori limite di sicurezza furono tratti dalla normativa specialistica e dallo stato dell' arte.
3. PROGETTO ESECUTIVO, per ciascun viadotto e specifica componente strutturale, con la descrizione del metodo esecutivo (Method Statement) scomposto nelle sue attività elementari (Work Breakdown Structure), la progressione temporale delle attività (Gantt), l'elenco di materiali, attrezzature e mezzi d'opera da impiegare, il flusso delle informazioni, le responsabilità ed i riferimenti ai calcoli di verifica strutturale, costantemente adeguato ai risultati delle prospezioni e dei rilievi in fase d'esecuzione.



4. DBEAM ovvero l'elenco delle ATTREZZATURE E DEI MEZZI D'OPERA, con schede tecniche, manuali d'uso e manutenzione, istruzioni di sicurezza e per l'uso, certificati di controllo e collaudo.

5. Specifica per l'esecuzione di MONITORAGGI e PROSPEZIONI:

1. database dei recettori
2. onde sismiche e di sovrappressione in aria
3. video
4. prospezioni per la caratterizzazione meccanica e la valutazione dello stato di consistenza

6. PIANO OPERATIVO di SICUREZZA (H&SM), a schede per ciascuna attività da WBS.

7. Analisi e verifiche statiche, con modello di calcolo sviluppato sulla scorta delle prospezioni e validato in corso d'opera.

8. Conto economico (CBS Cost Breakdown Structure, rolling).

## TERRENI INTERPOSTI TRA DONATORI E RECETTORI

Sotto una copertura composta da terreni sciolti, di potenza da zero ad un metro, era presente un substrato litoide a roccia carbonatica stratificata interessato da uno stato di fratturazione più o meno esteso ed accentuato. Per i calcoli di verifica a questo furono attribuiti i seguenti valori dei parametri geomeccanici significativi dedotti dalle prospezioni geognostiche preliminari alla costruzione:

Peso dell'unità di volume in ammasso = 24 KN/m<sup>3</sup>

Angolo d'attrito interno = 35°

Modulo di elasticità dell' ammasso = 30 GPa

Velocità delle onde di compressione in ammasso = 2.500 m/s.

## CARATTERIZZAZIONE SISMOLOGICA

I viadotti erano tutti entro il Parco Nazionale del Pollino. Questo è compreso tra due zone ad alta sismicità, con terremoti storici a magnitudo 7 a Nord in Val D' Agri ed a magnitudo 6,5 a Sud in Sila. Dalla "Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale" (Gruppo di Lavoro MPS, 2004; rif. Ordinanza PCM del 28 aprile 2005, n. 3519, All. 1b; Stucchi et al., 2011) per l'area risulta una elevata suscettività sismica ed alta pericolosità.

Sin dalla loro costruzione e, in particolar modo negli anni precedenti ai lavori di demolizione, i viadotti furono interessati dalla ripetizione di numerosi eventi tellurici ad elevata ampiezza, con alcuni periodi d'attività frequente ed intensa senza però che per questo fosse rilevabile risentimento sia in fondazione che in elevazione.

Dalle registrazioni della velocità di vibrazioni per l'evento sismico tipico del 2012-10-25 a Mormanno, risultarono valori delle componenti orizzontali nell'ordine dei 100 mm/s a frequenze molto basse. Questi valori confermarono, come cautelativi, valori limite i 150 mm/s per la velocità di vibrazione indotta dalle esplosione e dall'impatto al suolo delle strutture adottati con riferimento alle DIN 4150 con la maggiorazione di tre volte dei valori per le fattispecie di con alla riga 1 della tabella 1 per la costruzione eccezionalmente robusta.

Tabella con i dati misurati a Mormanno per l'evento sismico tipico del 2012-10-25.

Site: Mormanno (CS)		Agency: DPC, Dipartimento Protezione Civile	
Lat: 39.8832	Lon: 15.9895	Distance: 7.8 km from epicenter	
Station Comp	Max Vel [mm/s]	Max Acc [%g]	
HGN – Orizzontale dir. Nord	73,5	12,14	
HGE – Orizzontale dir. Est	<b>102,5</b>	<b>18,02</b>	
HGZ – Verticale	41,9	10,19	

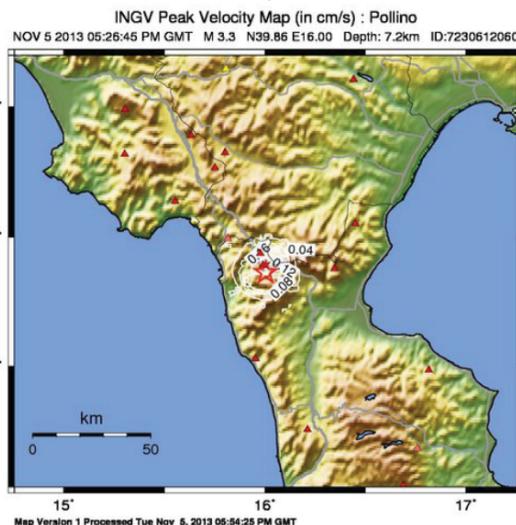
## VALORI LIMITE DI SICUREZZA DELLA VELOCITÀ DI VIBRAZIONE INDOTTA DAI BRILLAMENTI E DELL'IMPATTO AL SUOLO DELLE STRUTTURE

Per la definizione dei valori limite di sicurezza delle vibrazioni, come prassi in Italia, fu fatto riferimento alla normativa DIN 4150-3, 2016 -10, "Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen". Questa stabilisce una correlazione tra la velocità massima di vibrazione del terreno al passaggio dell'onda sismica e la possibile insorgenza di danni intesi come: "conseguenza permanente di un' azione, che comporta diminuzione del valore d' uso del manufatto, o di sue parti, con riferimento alla sua utilizzazione.

Per garantire al 100%, la non insorgenza di danni ai manufatti raggruppati in 7 fattispecie, furono dunque adottati i seguenti valori limite:

1. PILE: 150 mm/s
2. IMPALCATI in c.a.: 150 mm/s in mezzeria e sul pulvino
3. IMPALCATI METALLICI: 500 mm/s (da verifiche empiriche)
4. PONTE FERROVIA: 80 mm/s
5. MANUFATTI INGEGNERIZZATI: 40 mm/s
6. MANUFATTI NON INGEGNERIZZATI: 10 mm/s
7. MANUFATTI SENSIBILI ALLE VIBRAZIONI: 5 mm/s

Mappa di scuotimento "ShakeMap" relativa all'evento sismico tipico del 2012-10-25.



## DATABASE DEI RECETTORI

Per la progettazione delle volate d'abbattimento, con contenimento entro valori di sicurezza dell'onda sismica indotta sia dal brillamento delle cariche che dall'impatto al suolo delle masse, furono ubicati e caratterizzati i recettori sensibili in un intorno significativo di 250 m da ciascun struttura da demolire (donor - target). A ciascun recettore fu assegnato un valore limite di sicurezza per la velocità di vibrazione, con riferimento alla fattispecie d'appartenenza.

Donatori - vecchi viadotti	recettori
1. JANNELLO N+S	• R- PILE JANNELLO vecchio (carreggiata su cui sarà deviato il traffico); • R- IMPALCATI JANNELLO nuovo; • Manufatti a destinazione residenziale
2. PANTANO	• Manufatti a destinazione residenziale
3. CAPOLANZO	• Manufatti a destinazione residenziale
4. FORNO N+S	• Manufatti a destinazione residenziale • Rilevato stradale
5. ITALIA	• ITALIA vecchio (carreggiata su cui sarà deviato il traffico) • ITALIA nuovo • Manufatti a destinazione residenziale
6. FILOMATO	• Galleria LARIA – Imbocco N • Manufatti a destinazione residenziale • FILOMATO vecchio (carreggiata su cui sarà deviato il traffico) • FILOMATO nuovo
7. MEZZANA	• Manufatti a destinazione residenziale
8. CARPINETA	• Ponte ferroviario dismesso • Galleria MADONNA DELLA CATENA – Imbocco Sud
9. BATTENDIERO 1 N+S	• Rilevato stradale • Manufatto storico • Manufatti a destinazione residenziale (centro di Mormanno)
10. SAN MICHELE	• Manufatti residenziali (centro di Mormanno) • Galleria artificiale
11. FELICITÀ	• Manufatti residenziali (centro di Mormanno)
12. LA PINETA	• LA PINETA vecchio (carreggiata su cui sarà deviato il traffico) • LA PINETA nuovo • Manufatti a destinazione residenziale
13. BATTENDIERO II	• BATTENDIERO II vecchio (carreggiata su cui sarà deviato il traffico) • BATTENDIERO II nuovo
14. BATTENDIERO III	• BATTENDIERO III vecchio (carreggiata su cui sarà deviato il traffico) • BATTENDIERO III nuovo • Manufatti a destinazione residenziale
15. VALLONE MANCUSO	• VALLONE MANCUSO vecchio (carreggiata su cui sarà deviato il traffico); • VALLONE MANCUSO nuovo; • Manufatti a destinazione residenziale

## MONITORAGGIO DELLE ONDE SISMICHE E DI SOVRAPPRESSIONE IN ARIA

Per il riscontro strumentale dell'impatto sismico ed acustico indotto fu effettuato un monitoraggio con reportistica coi seguenti contenuti minimi:

1. indicazioni delle finalità del monitoraggio.
2. caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata
3. impostazioni per garantire rappresentatività dell'evento fisico misurato
  1. frequenza di campionamento
  2. sensibilità
  3. durata dell' evento
  4. ubicazione punto di misura
  5. modalità d'acquisizione
  6. normativa di riferimento
  7. rapporto d'installazione con caratterizzazione e foto del punto di misura
  8. elenco degli eventi misurati con restituzione grafica ad icona
  9. analisi dell'evento ad ampiezza massima
    1. restituzione della forma d'onda
    2. Fast Fourier Transform (FFT)
    3. calcolo accelerazioni e forma d'onda
    4. calcolo spostamenti e forma d'onda
    5. calcolo delle sollecitazioni associate e riscontro coi valori di resistenza della struttura
    6. verifica conformità a valori limite
    10. aggiornamento curva di decadimento impatto gravi

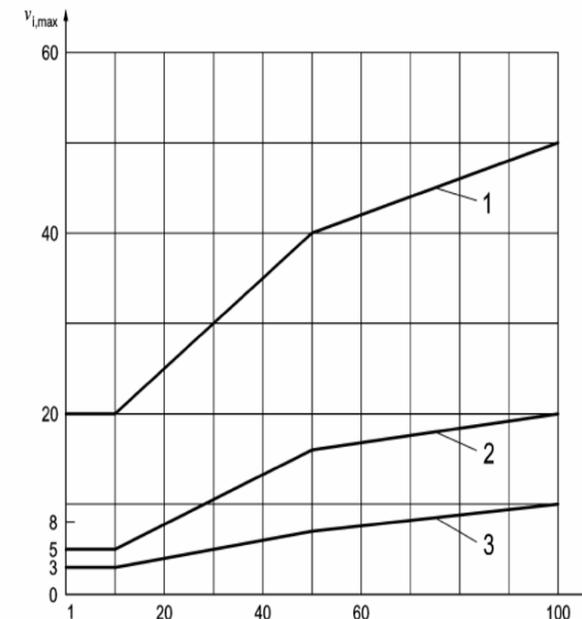


Bild 1 Graphische Darstellung der Fundamentnahlswerte von Tabelle 1  
Rappresentazione grafica dei valori di riferimento in tabella 1 (delle DIN 4150-3)

### Viadotto JANNELLO



La demolizione del vecchio viadotto Jannello fu prevista per i soli impalcati, con preliminare abbattimento e salvaguardia dell'integrità strutturale e funzionale delle pile (scatolari ad una stilata, sez. rettangolare, unica per entrambi le carreggiate).

I vecchi impalcati erano composti da quattro travi c.p.a. a doppio T e soletta in c.a. da 20 cm, un impalcato per ciascuna carreggiata. Gli impalcati appoggiavano senza vincoli ad una pila in comune per entrambi le carreggiate. Queste pile erano strutture scatolari in c.a., un'unica stilata a sezione rettangolare e setto interno. Alcune delle pile erano completate con due stampelle tozze (capitelli sporgenti 5 m), altre da un "monaco" .

Una bella pubblicazione sul geniale progetto di costruzione della nuova sovrastruttura sopra la vecchia è nel numero 6-2017 della rivista "Strade & Autostrade", a firma di Giuseppe e Carlo V. Matildi, Stefano Isani, Guido Cammarota ed Andrea Boscaro: "Il nuovo impalcato del viadotto Jannello sulla A2 – un progetto innovativo per sostituire velocemente un impalcato esistente" .

Dati geometrici e pesi degli impalcati e relativa energia d'impatto al suolo per l'abbattimento.

Descrizione	Sezione [m <sup>2</sup> ]	Lunghezza [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Massa <sup>1</sup> [ton]	Massa [kN]	H	E <sup>2</sup> [MJ]
Imp. SA-1	5	42	210	525	5150	18	93
Imp. 1-2						32	165
Imp. 2-3						45	232
Imp. 3-4		48	240	600	5886	72	424
Imp. 4-5						97	640
Imp. 5-6		53.8	269	673	6597	127	838
Imp. 6-7						135	<b>891</b>
Imp. 7-8						131	<b>864</b>
Imp. 8-9						125	825
Imp. 9-10		48	240	600	5886	77	453
Imp. 10-SB		42	210	525	5150	44	227

<sup>1</sup> Considerando come peso specifico pari a 2.5 t/m<sup>2</sup>

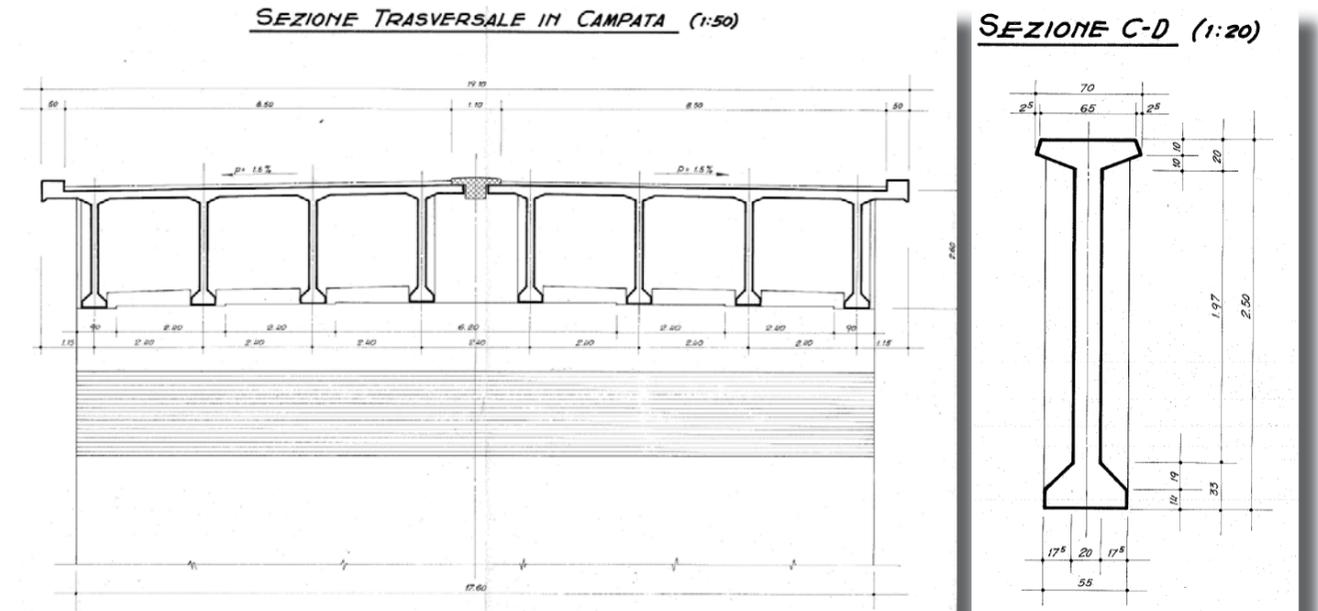
<sup>2</sup> Energia di impatto, equivalente all'energia potenziale dell'impalcato, calcolata moltiplicando la massa del grave per l'altezza media di caduta.

La geometria del ponte risultò coincidente con quella delle tavole dell'eseguito.

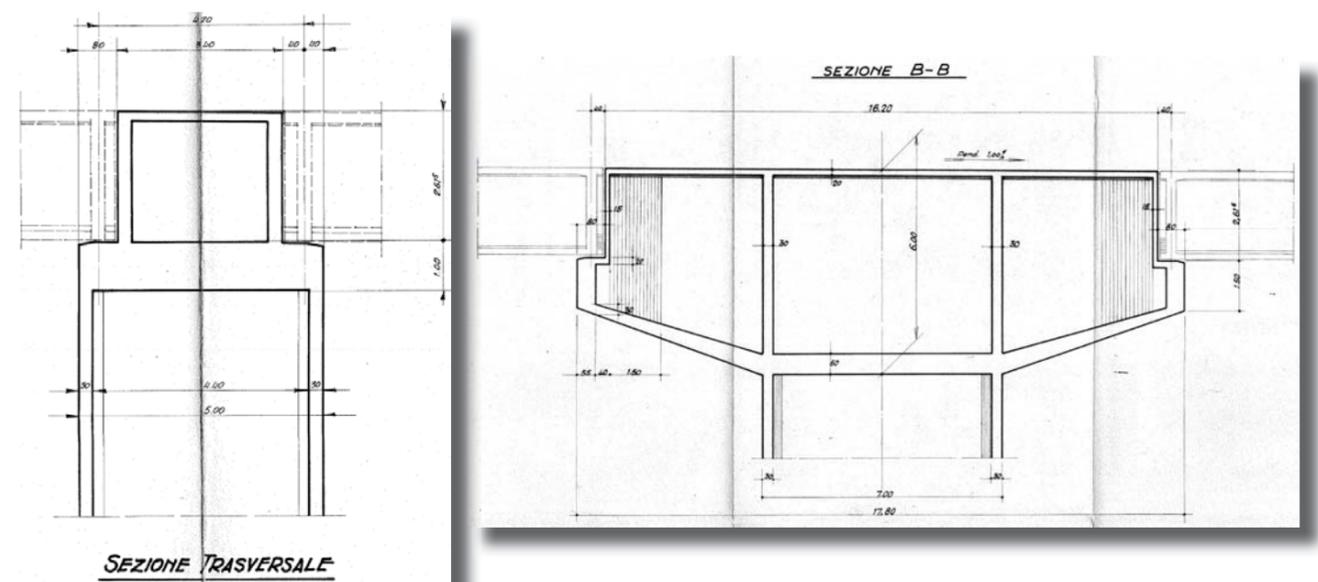
Gli impalcati furono abbattuti con cerniere plastiche presso gli appoggi. Per quelli su sedime acclive, con rischio di scivolamento verso la pila, le fasce di impalcato minato furono estese per lunghezza tale da garantire non interferenza con la pila a valle.

L'area impegnata dalla caduta fu prevista pari a quelle dell'impronta. Questa previsione fu rispettata in esecuzione.

Gli impalcati, a terra, furono demoliti con martello demolitore idraulico e pinza montati su escavatore a braccio rovescio.



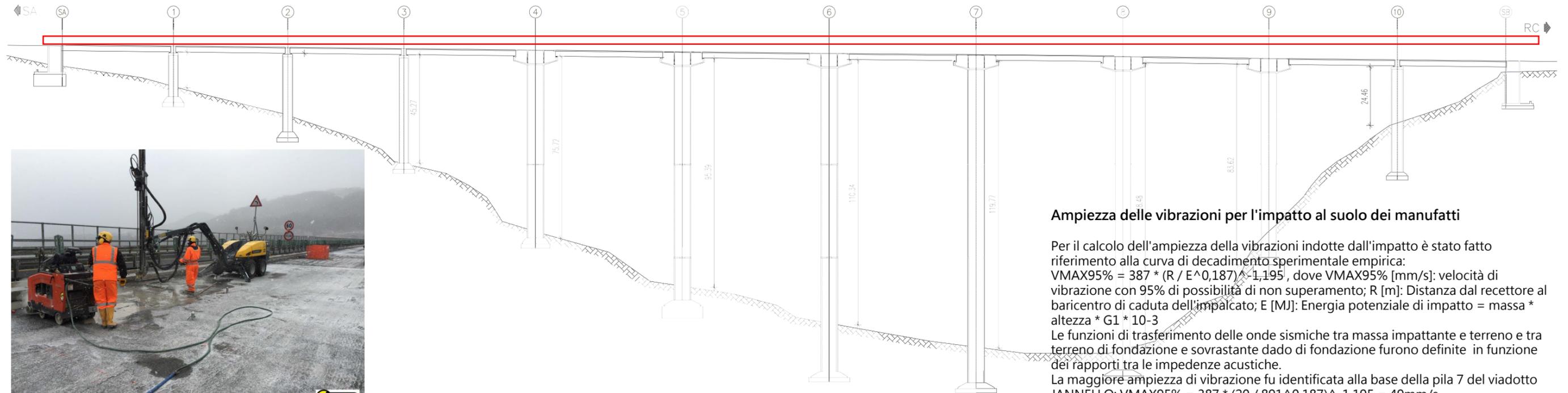
Sezione verticale trasversale del ponte, con gli impalcati delle due carreggiate in appoggio semplice sul pulvino. Dettaglio della trave con bulbo superiore parzialmente inglobato nella soletta.



Sezione verticale della pila presso il pulvino. A sx quella completata con il "monaco" ed a dx quella completata con il capitello aggettante 5 m.

VIADOTTO JANNELLO  
PROFILO

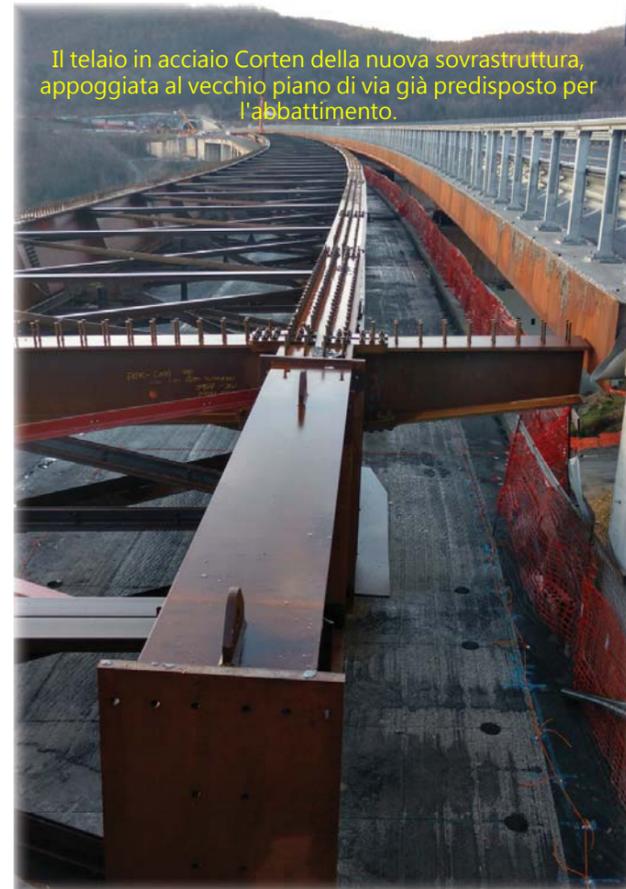
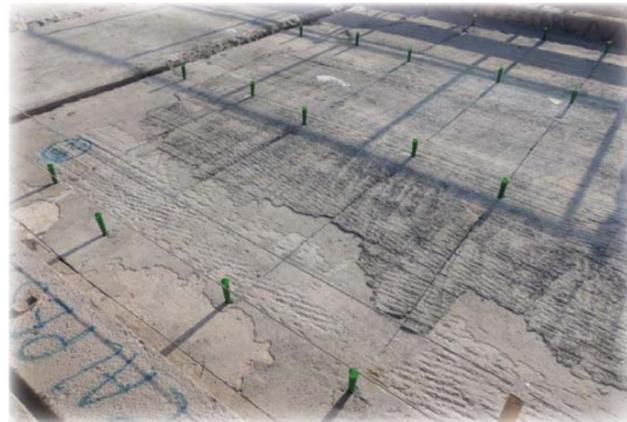
Sezione verticale longitudinale del viadotto Jannello (la vecchia sovrastruttura sotto e la nuova sopra).



**Ampiezza delle vibrazioni per l'impatto al suolo dei manufatti**

Per il calcolo dell'ampiezza delle vibrazioni indotte dall'impatto è stato fatto riferimento alla curva di decadimento sperimentale empirica:  
 $V_{MAX95\%} = 387 * (R / E^{0,187})^{-1,195}$ , dove  $V_{MAX95\%}$  [mm/s]: velocità di vibrazione con 95% di possibilità di non superamento; R [m]: Distanza dal recettore al baricentro di caduta dell'impalcato; E [MJ]: Energia potenziale di impatto = massa \* altezza \* G1 \* 10<sup>-3</sup>  
 Le funzioni di trasferimento delle onde sismiche tra massa impattante e terreno e tra terreno di fondazione e sovrastante dado di fondazione furono definite in funzione dei rapporti tra le impedenze acustiche.  
 La maggiore ampiezza di vibrazione fu identificata alla base della pila 7 del viadotto JANNELLO:  $V_{MAX95\%} = 387 * (20 / 891^{0,187})^{-1,195} = 49\text{mm/s}$ .

La carreggiata Sud a lavori di predisposizione per l'abbattimento completati. I coni verdi sono inseriti nei fori da mina. Tra i fori da mina la soletta tagliata a disco diamantato.



Il telaio in acciaio Corten della nuova sovrastruttura, appoggiata al vecchio piano di via già predisposto per l'abbattimento.



NUOVA carreggiata SUD

carreggiata NORD predisposizione all'abbattimento con fori da mina e tagli nella soletta



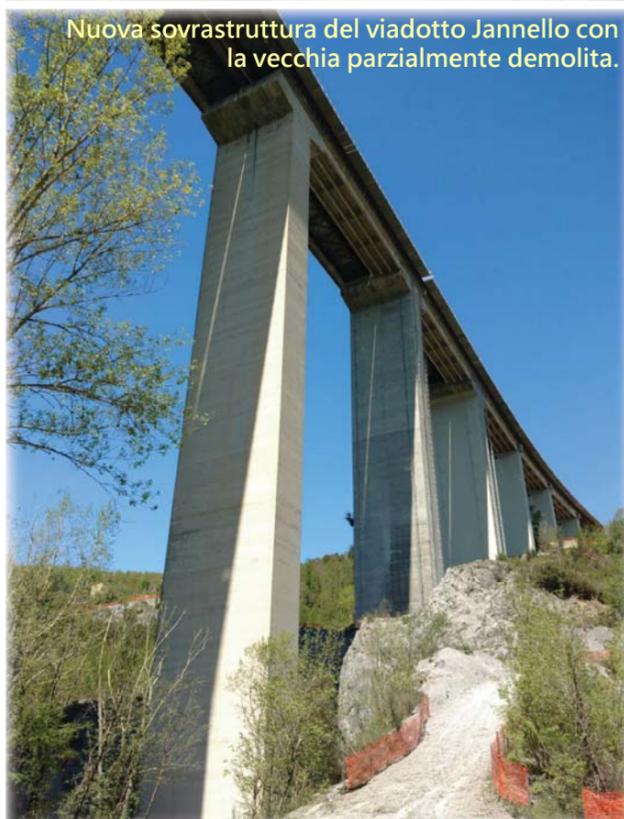
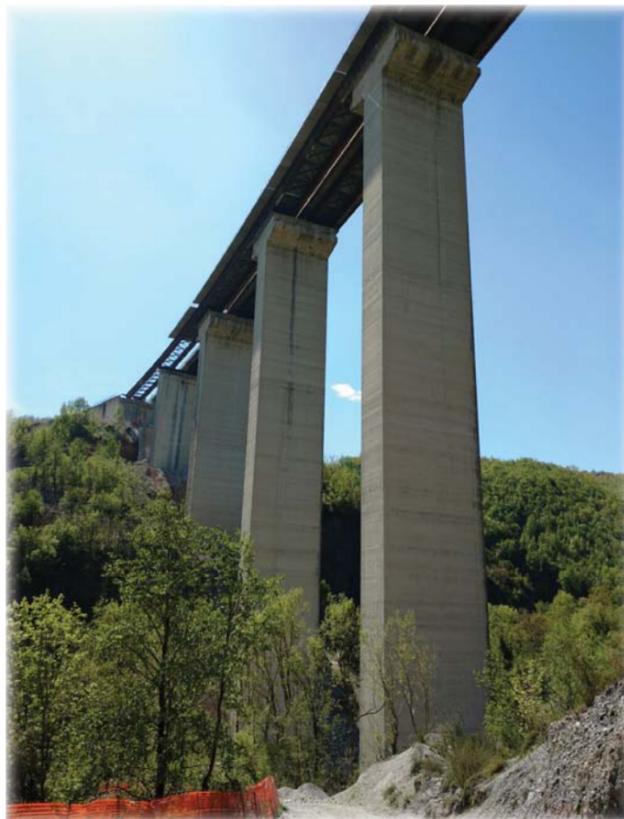
Dopo la demolizione della vecchia carreggiata SUD



Miccia detonante e smorze di dinamite pronte per il caricamento, sul piano di via della vecchia sovrastruttura.



La distanza della nuova sovrastruttura dalla vecchia variava da 20 a 140 cm.



Nuova sovrastruttura del viadotto Jannello con la vecchia parzialmente demolita.



Impalcato 4 Sud a terra, spezzato per evitare il pattinamento contro la pila 4.



Impalcato 5 Sud a terra, spezzato ed interamente demolito con esplosivi per una ampia fascia lato pila 5, per evitare il pattinamento contro la pila 5.



Nuova sovrastruttura del viadotto Jannello con la vecchia interamente demolita.



Nuovo V. JANNELLO

Viadotto ITALIA



Foto panoramica del vecchio tracciato del viadotto ITALIA.

La demolizione fu eseguita con preliminare abbattimento degli impalcati e successivo abbattimento delle pile, ad eccezione di quelle della campata centrale metallica per la quale era previsto l'adeguamento.

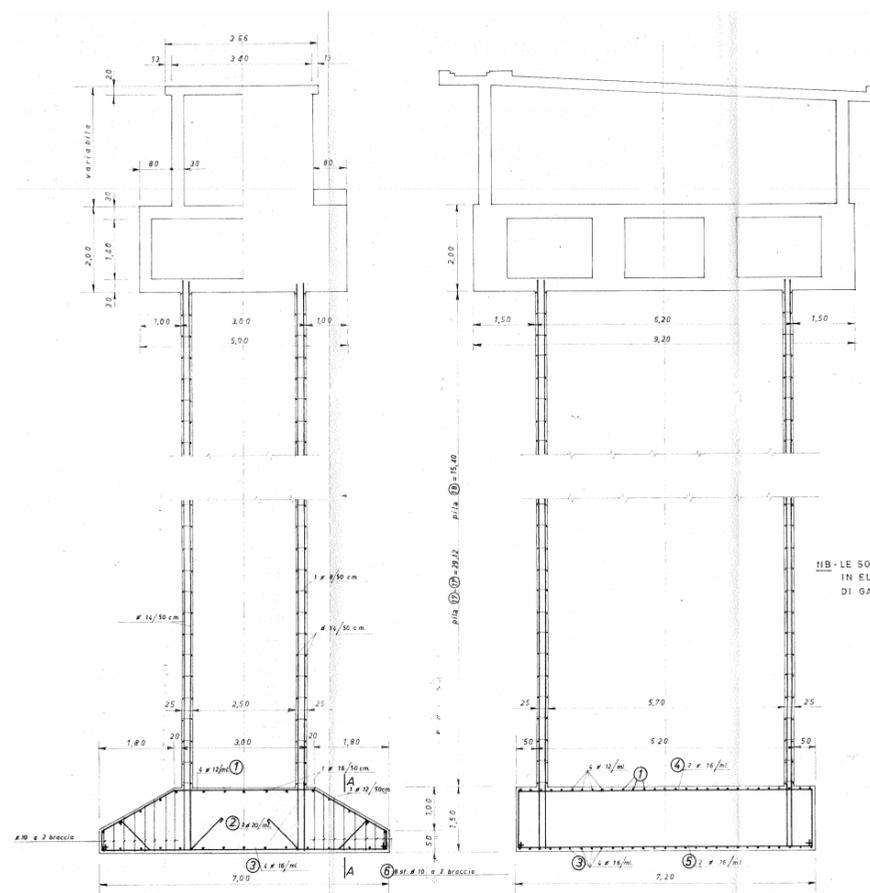
Abbattimenti e demolizioni furono eseguite in presenza di traffico sulla carreggiata adiacente, in progressione, per un numero di impalcati variabile tra 1 e 4. Questa progressione consentì di accelerare la nuova costruzione la quale incalzava a ridosso. Anche per questo ponte, come per lo Jannello, le fasce di impalcato demolite con gli esplosivi, oltre a quelle presso gli appoggi per il disimpegno dal pulvino, furono previste di dimensioni variabili in funzione del profilo dell'area di impronta.

Gli impalcati sovrastanti le scarpate acclivi furono demoliti per ampie fasce, così da minimizzare i rischi di scivolamento verso la pila a valle e facilitarne lo smarino che poté essere effettuato da mezzi meccanici più piccoli, limitando le dimensioni delle piste di arrocco.

I due impalcati della vecchia sovrastruttura che sovrastavano le nuove pile costruite proprio lì sotto, dove il nuovo tracciato si raccordava col vecchio, furono demoliti integralmente con gli esplosivi. In questo modo fu possibile anticipare la costruzione delle nuove pile senza rischi di danneggiamento per l'impatto dei vecchi impalcati sovrastanti da abbattere.

Dati geometrici e pesi degli impalcati e relativa energia d'impatto al suolo per l'abbattimento.

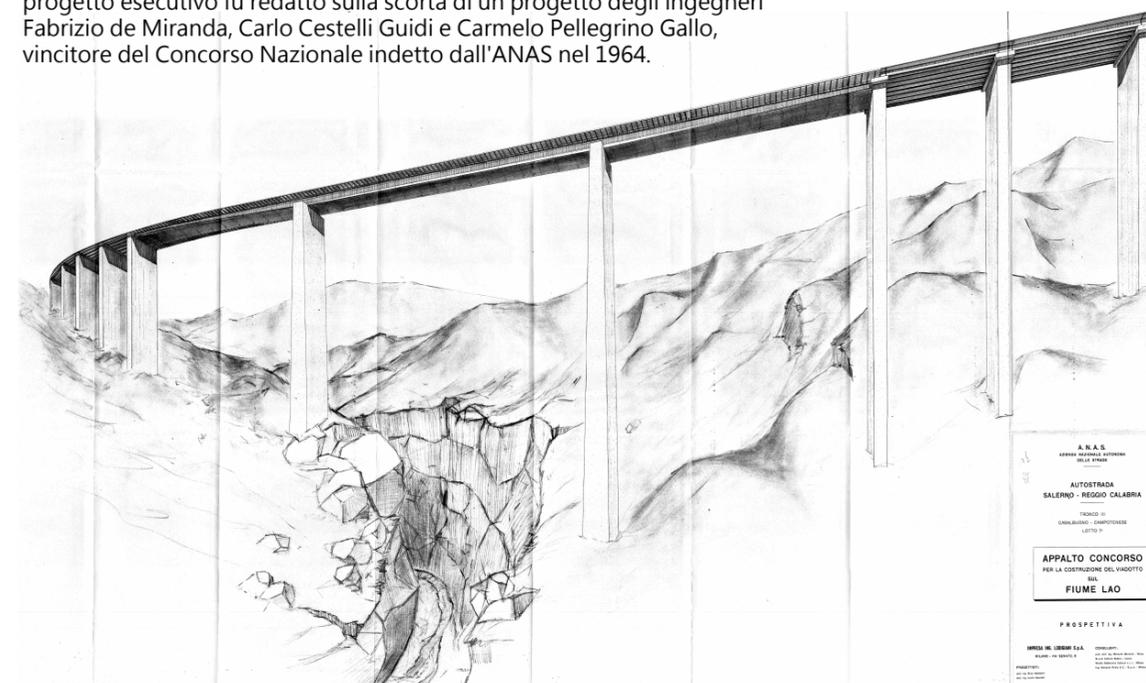
Descrizione	Sezione [m <sup>2</sup> ]	Lunghezza [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Massa [ton]	Massa [kN]	H	E [MJ]
Imp. A-1	5,5	42	231	578	5670	8	102
Imp. 1-2						18	153
Imp. 2-3						27	153
Imp. 3-4						40	331
Imp. 4-5						57	331
Imp. 5-6						64	487
Imp. 6-7		84	487				
Imp. 10-11		43	237	591	5800	110	638
Imp. 11-12						96	557
Imp. 12-13						90	522
Imp. 13-14						68	394
Imp. 14-15						49	278
Imp. 15-16						35	198
Imp. 16-17		42	231	578	5665	24	136
Imp. 17-18						20	113
Imp. 18-B						10	57



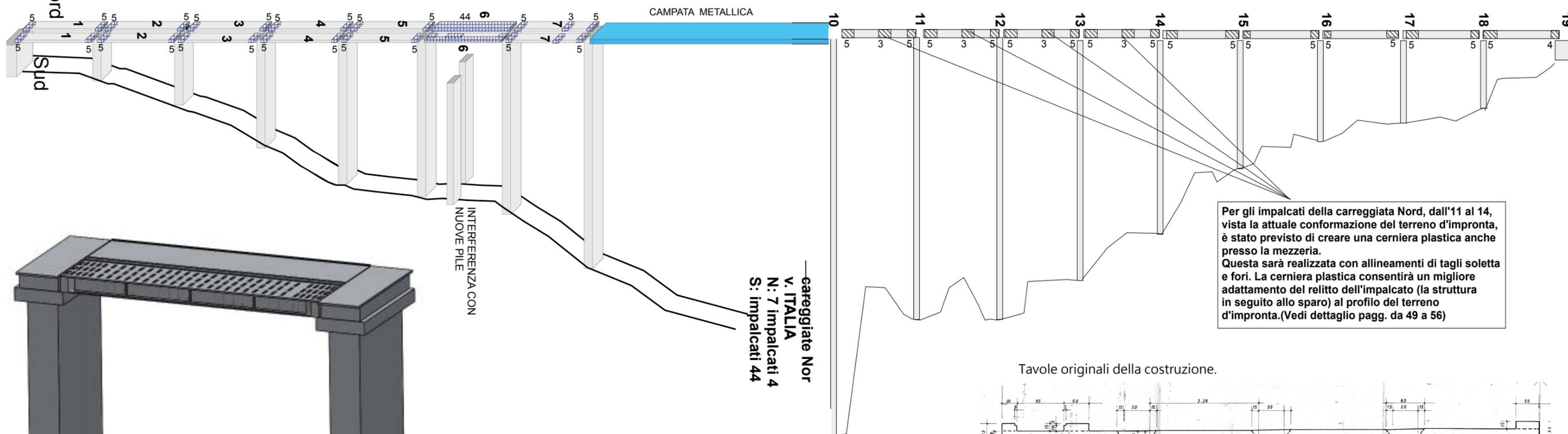
Sezioni verticali longitudinale della pila e trasversale di metà pila, quella relativa ad una carreggiata, con curo esterno e setto interno (dettagli del pulvino scatolare nervato e del monaco).

La geometria del ponte risultò coincidente con quella delle tavole dell'eseguito.

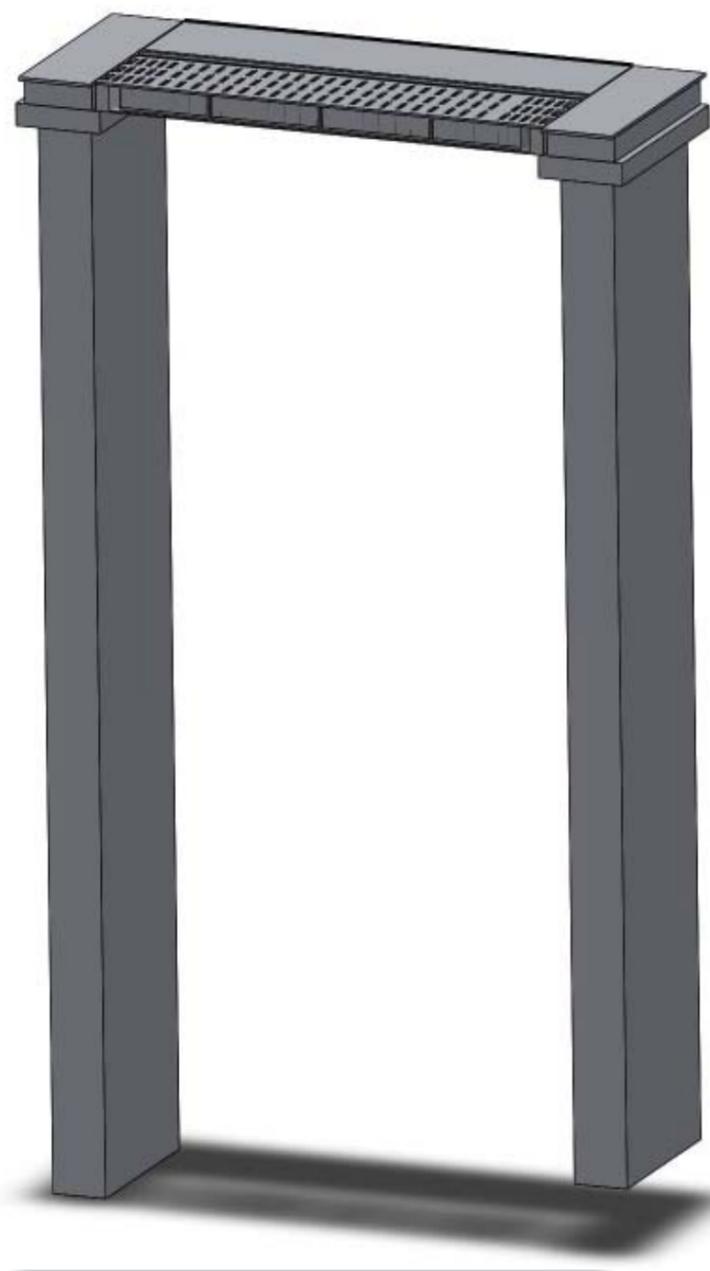
Prospettiva del viadotto in una tavola origina dell'epoca della costruzione. Il progetto esecutivo fu redatto sulla scorta di un progetto degli ingegneri Fabrizio de Miranda, Carlo Cestelli Guidi e Carmelo Pellegrino Gallo, vincitore del Concorso Nazionale indetto dall'ANAS nel 1964.



Schema del ponte e con rappresentazione delle fasce minate per l'abbattimento.

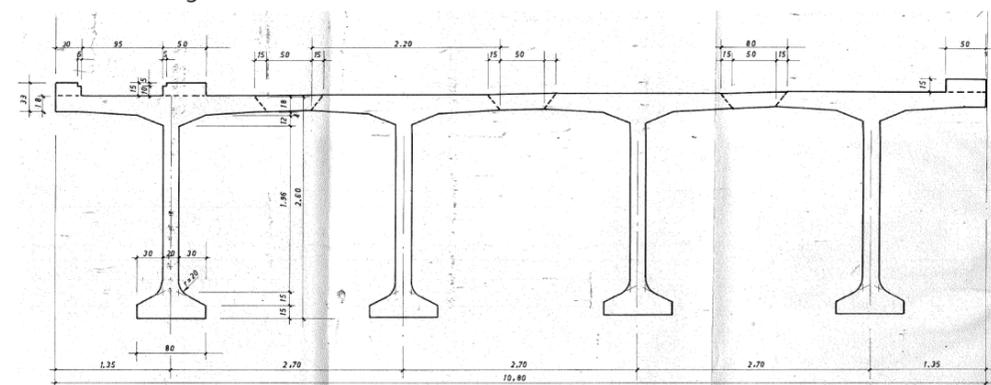


Per gli impalcati della carreggiata Nord, dall'11 al 14, vista la attuale conformazione del terreno d'impronta, è stato previsto di creare una cerniera plastica anche presso la mezzeria. Questa sarà realizzata con allineamenti di tagli soletta e fori. La cerniera plastica consentirà un migliore adattamento del relitto dell'impalcato (la struttura in seguito allo sparo) al profilo del terreno d'impronta. (Vedi dettaglio pagg. da 49 a 56)

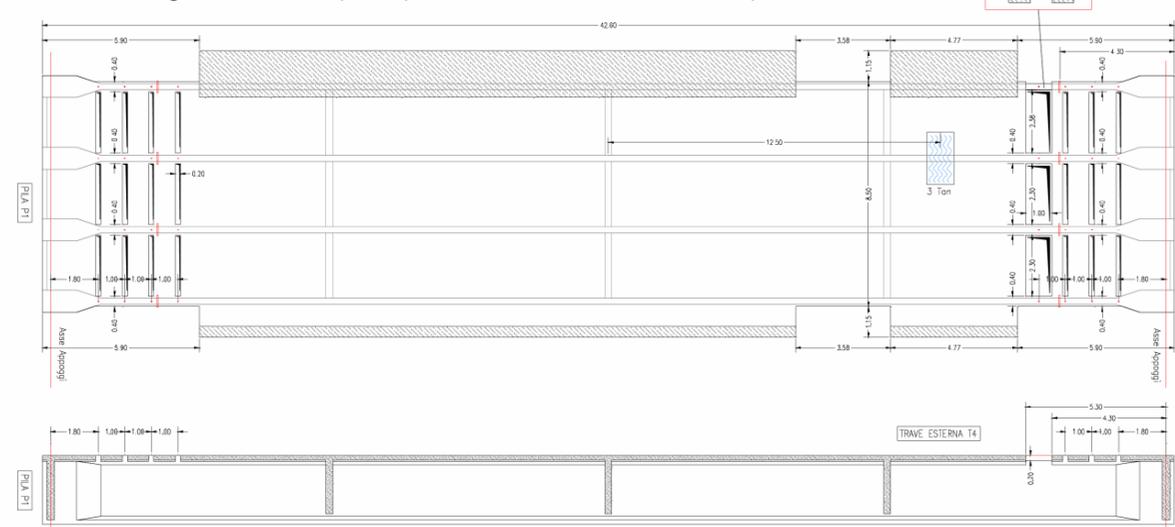


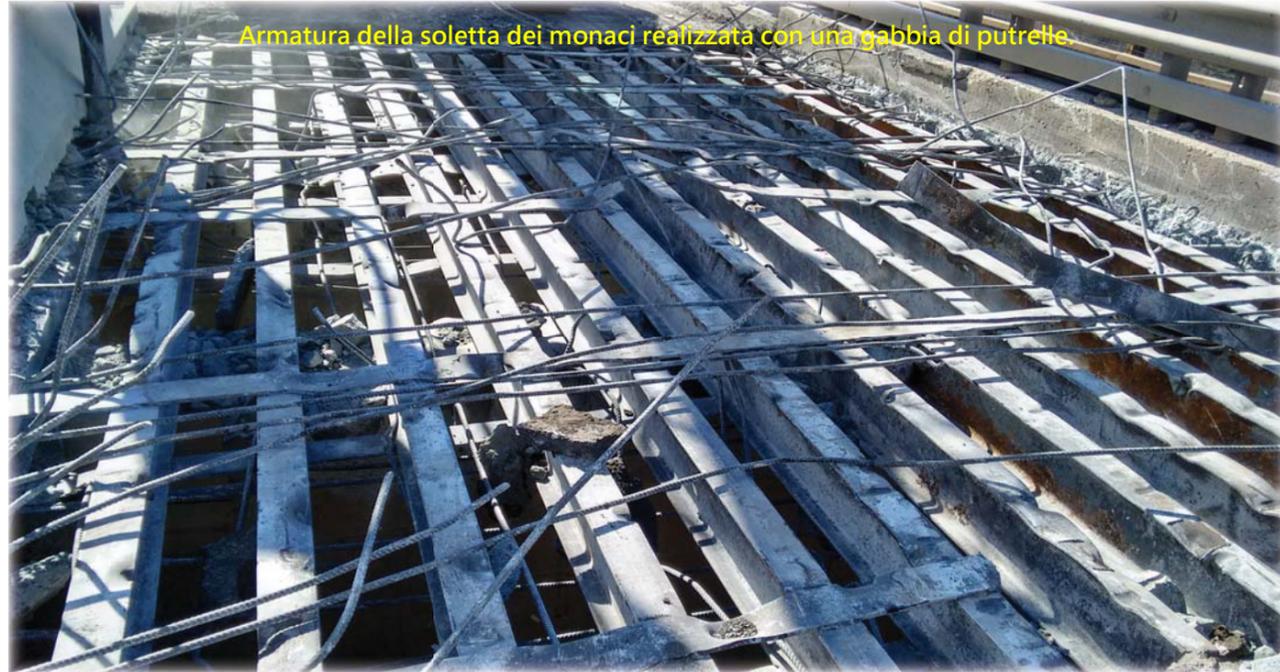
Modello 3D dell'impalcato predisposto per la demolizione integrale con espositivi, dell'impalcato adiacente in esercizio e delle pile.

Tavole originali della costruzione.



Dettaglio di attività di predisposizione all'abbattimento con esplosivi.

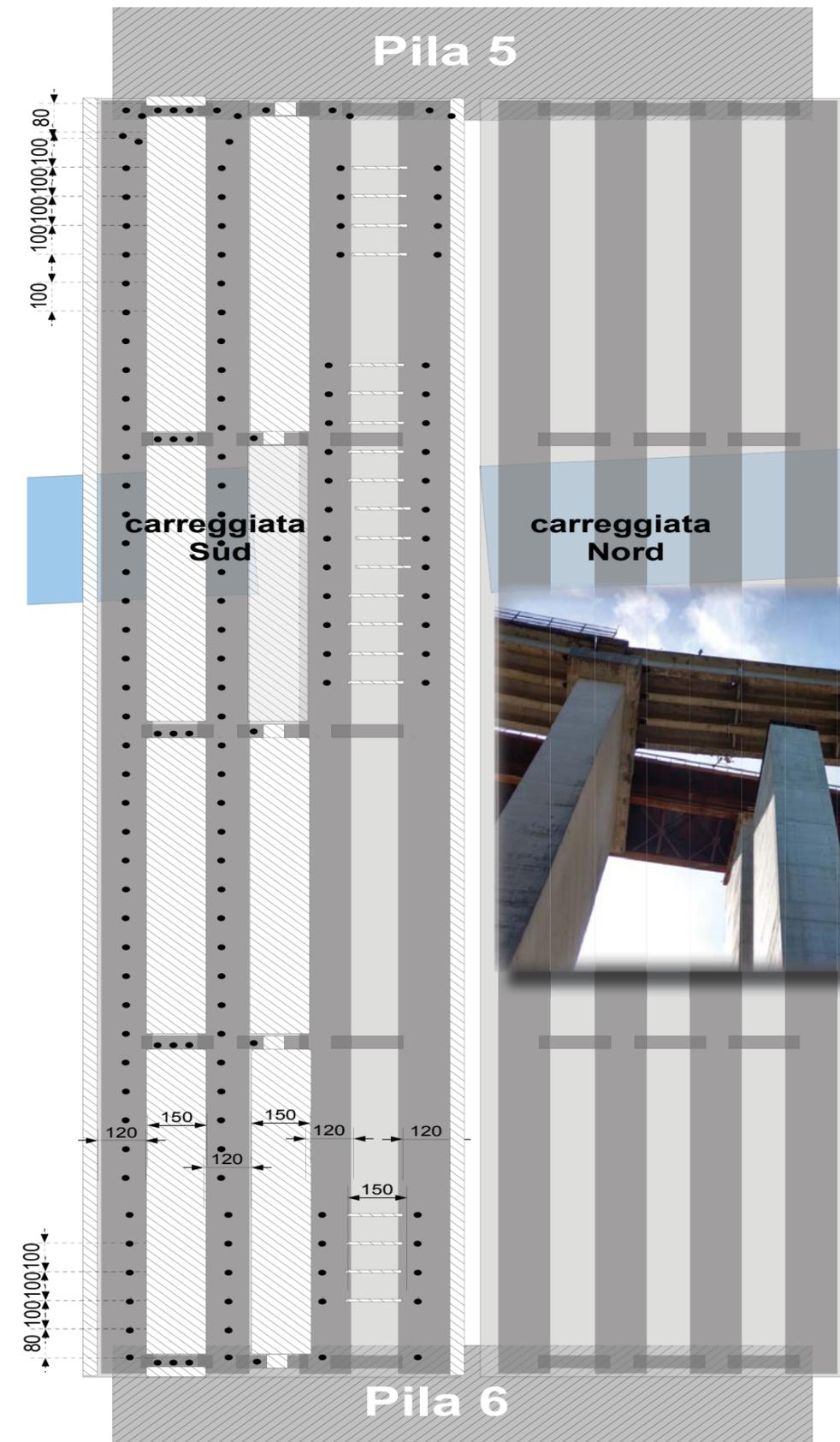




Armatura della soletta dei monaci realizzata con una gabbia di putrelle.



Demolizione del monaco e della soletta del pulvino, con esposizione delle nervature, per la predisposizione al completamento del pulvino per la nuova sovrastruttura.



Schema della predisposizione all'abbattimento dell'impalcato sovrastante le nuove pile da salvaguardare.





Rimozione della soletta del "monaco" in carreggiata Nord, con un escavatore radiocomandato ed il personale agganciato alla linea di vita con dispositivi di trattenimento retrattili. Perforazione per la demolizione con esplosivi del "monaco".



Demolizione della soletta tra le travi con escavatore radiocomandato, e perforazione dei fori da mina con carro di perforazione radiocomandato.



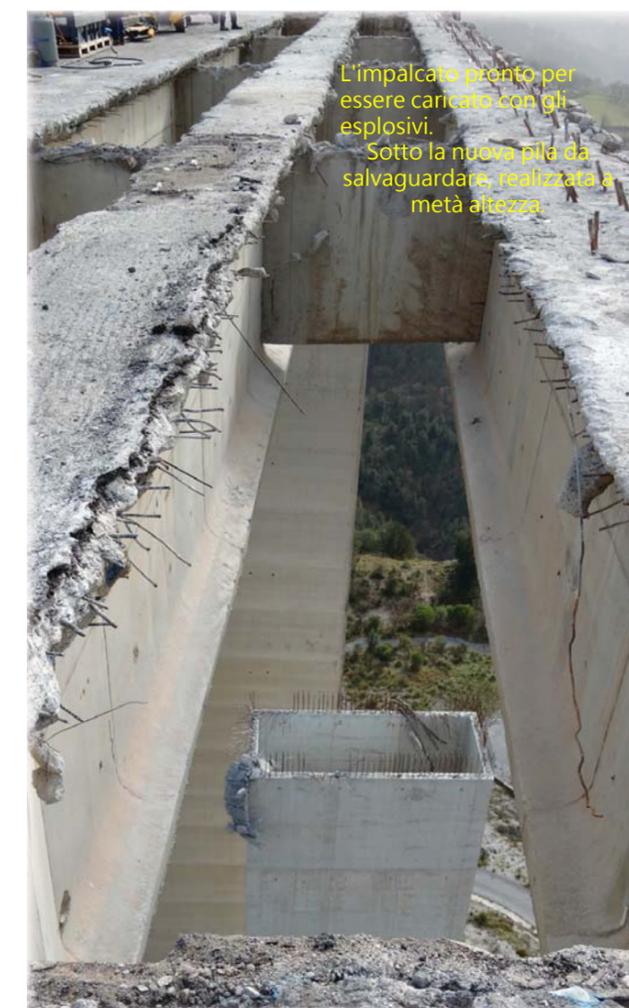
Demolizione soletta e cordolo e perforazione dei fori da mina.



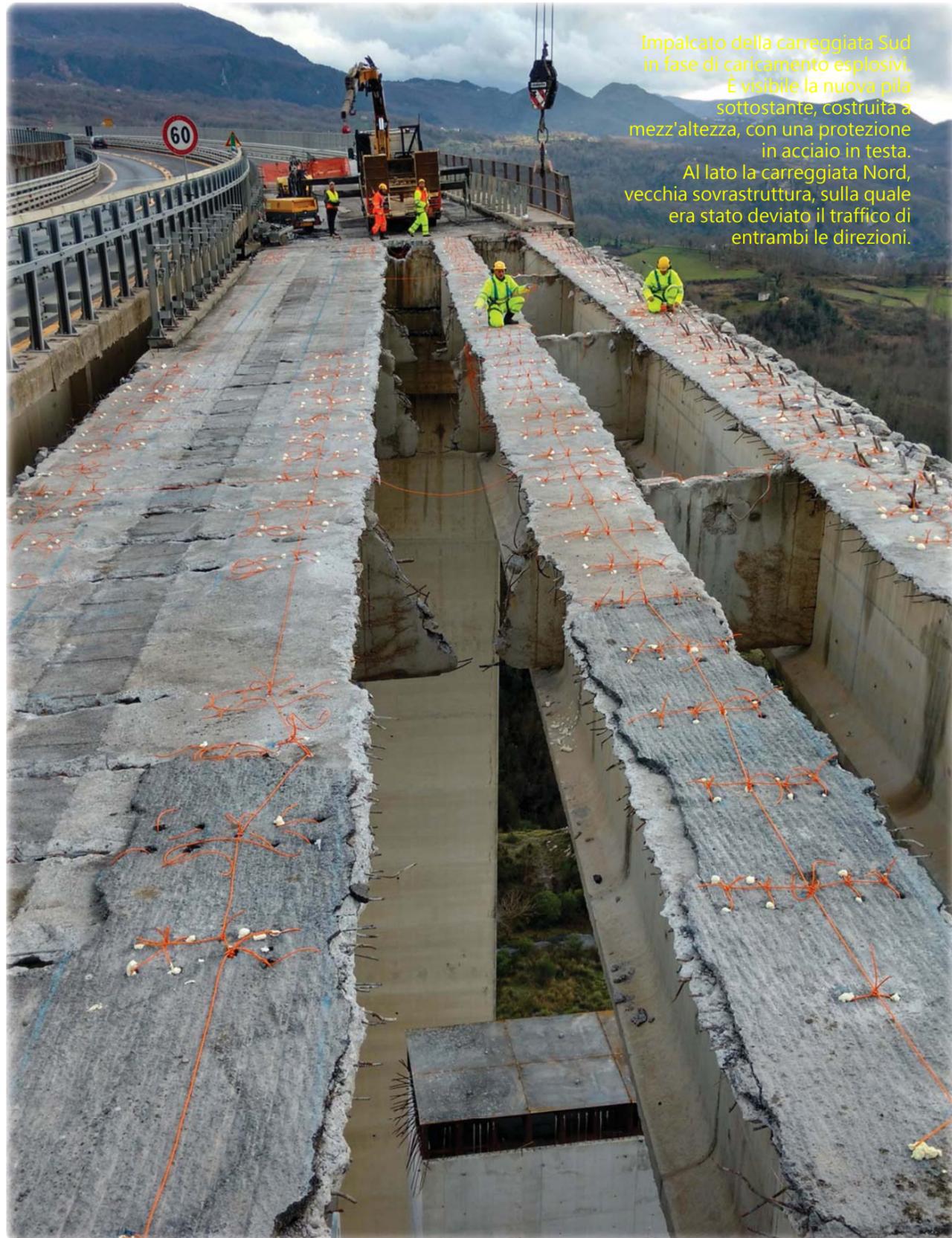
Impalcato con la soletta parzialmente demolita.



Pinza idraulica su escavatore elettrico radiocomandato, con pezzo speciale per la demolizione, "in negativo" sino a 4 metri, dei traversi precompressi di collegamento.



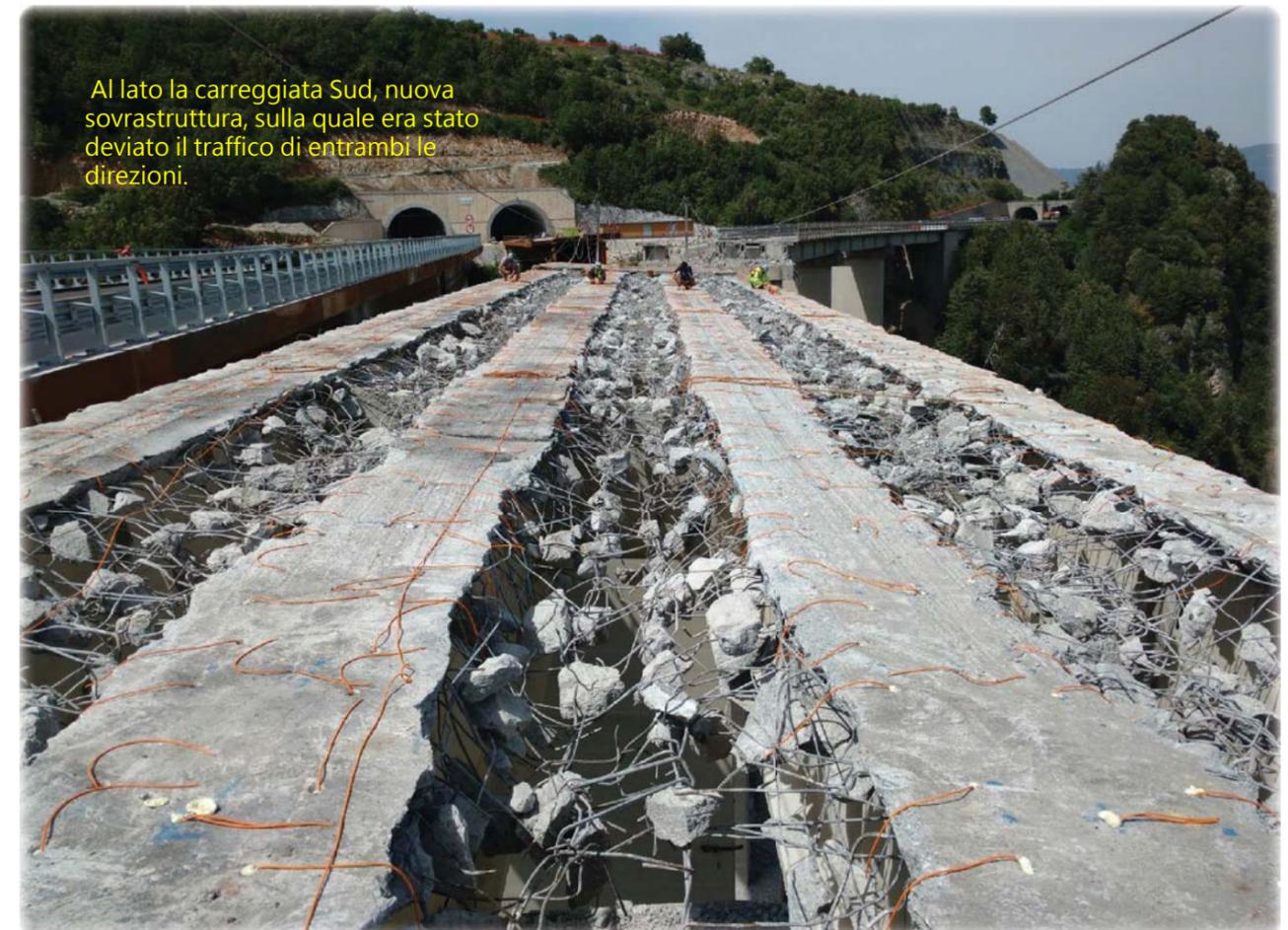
L'impalcato pronto per essere caricato con gli esplosivi. Sotto la nuova pila da salvaguardare, realizzata a metà altezza.



Impalcato della carreggiata Sud in fase di caricamento esplosivi. È visibile la nuova pila sottostante, costruita a mezz'altezza, con una protezione in acciaio in testa. Al lato la carreggiata Nord, vecchia sovrastruttura, sulla quale era stato deviato il traffico di entrambi le direzioni.



Impalcati della carreggiata Nord in fase di caricamento esplosivi.



Al lato la carreggiata Sud, nuova sovrastruttura, sulla quale era stato deviato il traffico di entrambi le direzioni.

Il brillamento dell'impalcato sovrastante la nuova pila in carreggiata Sud, prima ...



La nuova pila sotto il vecchio impalcato da abbattere, prima ...



... e dopo.  
Visibili alcuni frammenti di calcestruzzo rimasti sulla protezione metallica in testa alla nuova pila, e alcuni dei fasci di tensionamento a cavallo.



... e dopo lo sparo.  
L'esplosione provocò la frantumazione integrale dell'impalcato.



Frammenti dell'impalcato demolito ai piedi della nuova pila.

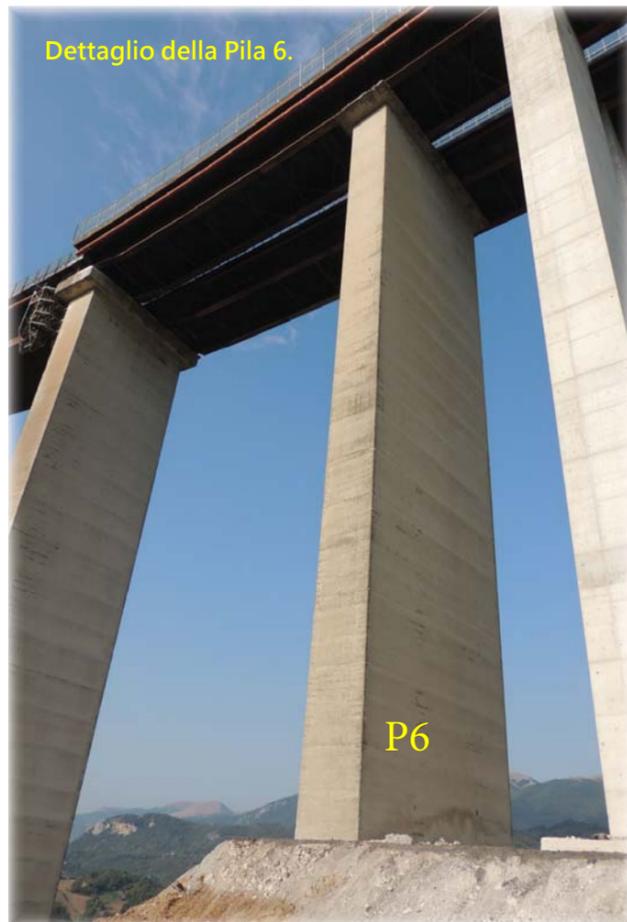




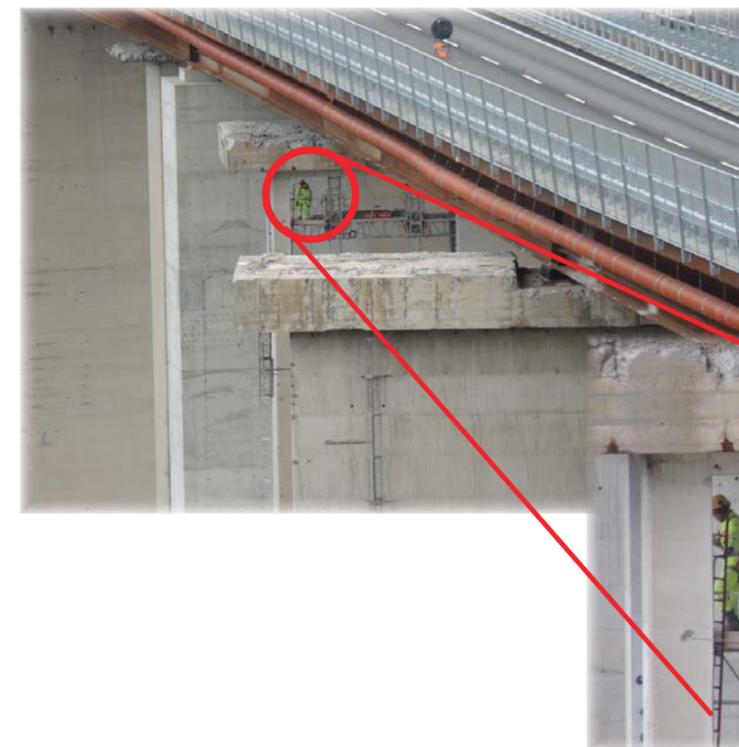
Foto delle vecchie pile 5 e 6 rimaste sotto la nuova sovrastruttura, a 20 cm dalla piattabanda.



Dettaglio della Pila 6.



Apertura delle forometrie e perforazione fori da mina sulle pareti di base della pila 5 per la realizzazione del cuneo di ribaltamento.



Forometrie in testa pila per la riduzione d'altezza necessaria ad eliminare il rischio d'interferenza della pila con il sovrastante nuovo impalcato, in fase di rotazione per il ribaltamento. Tagli a diamante e perforazione a secco con martelli elettrici a rotopercussione.





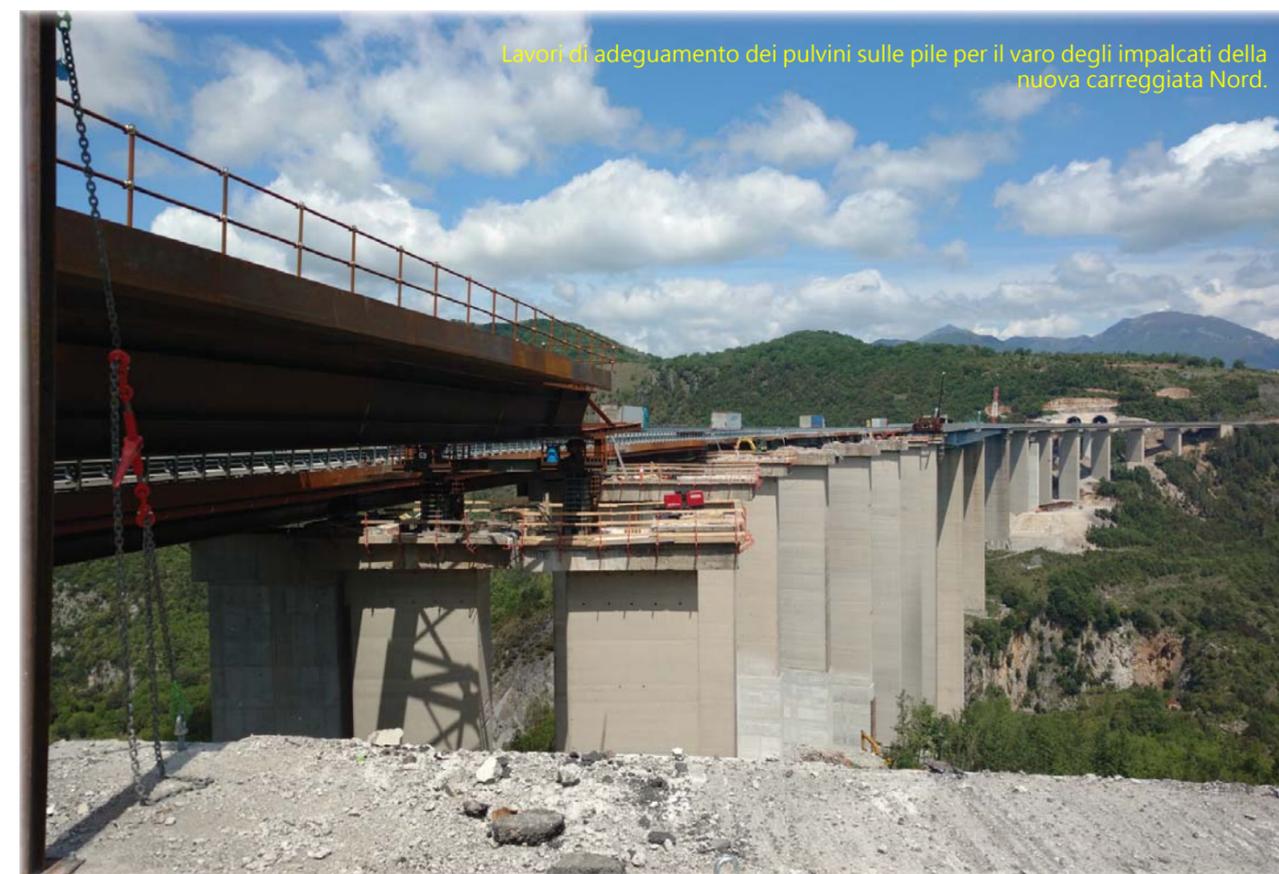
Panoramica del viadotto coi lavori in corso.



Panoramica aerea con i lavori di varo degli impalcati della carreggiata Sud a Sud oltre la campata metallica.



Lavori in corso per la costruzione delle nuove sovrastrutture dall'imbocco Sud della galleria Jannello. Il traffico di entrambi le direzioni di marcia è ancora deviato sulla vecchia carreggiata Nord mentre la carreggiata Sud è già stata demolita.



Lavori di adeguamento dei pulvini sulle pile per il varo degli impalcati della nuova carreggiata Nord.



Carri di perforazione idraulici radiocomandati e il furgone magazzino mobile parcheggiati al lato del ponte per la notte.



al lavoro nell'ufficio mobile da campo



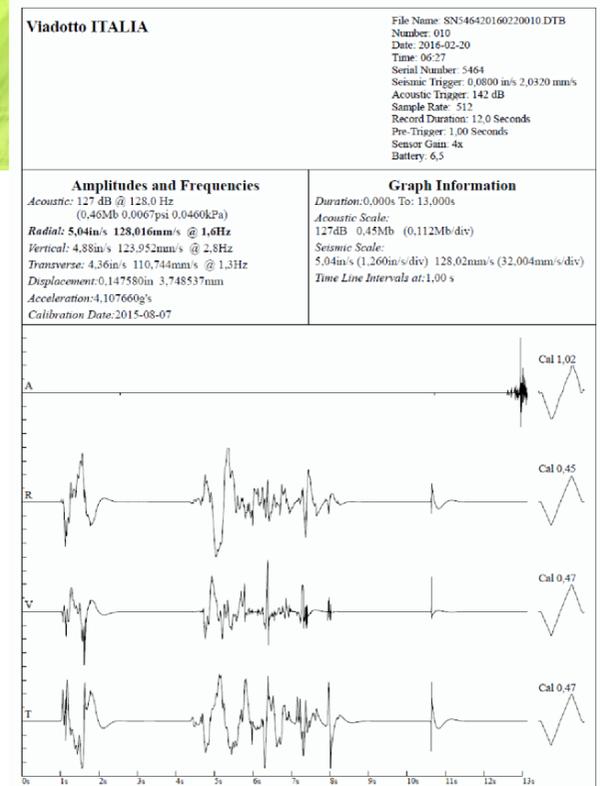
pronto per forare le travi



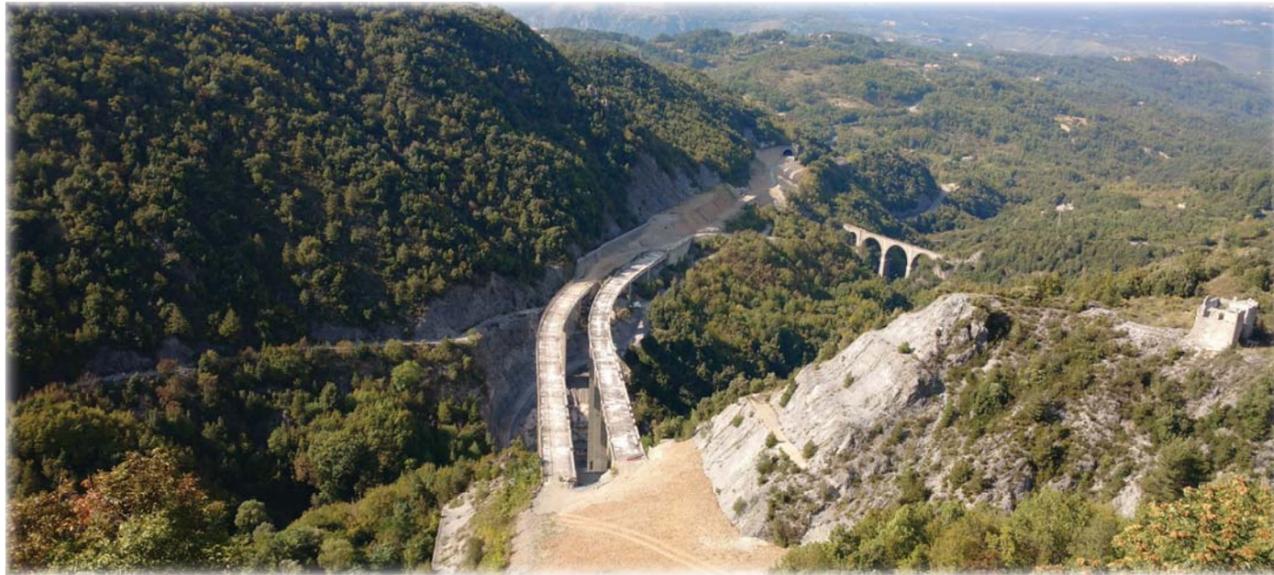
il controllo delle vibrazioni



una ricognizione sul ponte



Viadotto BATTENDIERO 1



La demolizione fu effettuata alla fine dei lavori di adeguamento dell'autostrada.

Impalcati e pile assieme furono abbattuti con cinematismo a "domino retrogrado". Le pile più alte (60 metri) furono abbattute con doppio cuneo di cui uno alla base ed uno a mezz'altezza. Così fu possibile ridurre l'ingombro a terra ed impedire che s'adagiassero sulla scarpata adiacente molto acclive, nel qual caso sarebbe stato pericoloso effettuare la successiva demolizione meccanica.

Come per gli altri viadotti, anche per il Battendiero 1, gli impalcati sovrastanti scarpate acclivi furono integralmente demoliti con esplosivo. Così furono ridotte al minimo le attività di demolizione successiva all'abbattimento e lo smarino pote essere effettuato con mezzi d'opera più piccoli e le rampe d'arrocco poterono essere costruite di ridotte dimensioni ed estensione, meno costose, più sicure e di più rapido, economico ed efficiente recupero ambientale.

Dati geometrici e pesi degli impalcati e relativa energia d'impatto al suolo per l'abbattimento

Descrizione	Sezione [m <sup>2</sup> ]	Lunghezza [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Massa [ton]	Massa [kN]	H	E [MJ]
Imp. A-1	5,5	42	231	578	5670	10	57
Imp. 1-2						10	57
Imp. 2-3						12	68
Imp. 3-4						40	227
Imp. 4-5						60	340
Imp. 5-6						60	340
Imp. 6-7						40	227
Imp. 7-8						25	142
Imp. 8-B						15	85

Dati di produzione per le attività di predisposizione alla demolizione.

PRODUCTION for SPANS			
foreseen			
	nm	slab cuts	holes
working days [d]	7,9	16,6	
weeks	1,3	3,3	

daily production [m / 8h shift]	81	59	32
length [m]	4,2	1,50	2,28
working d/week	6	5	5
team	1	1	1
shift/d	1	1	1

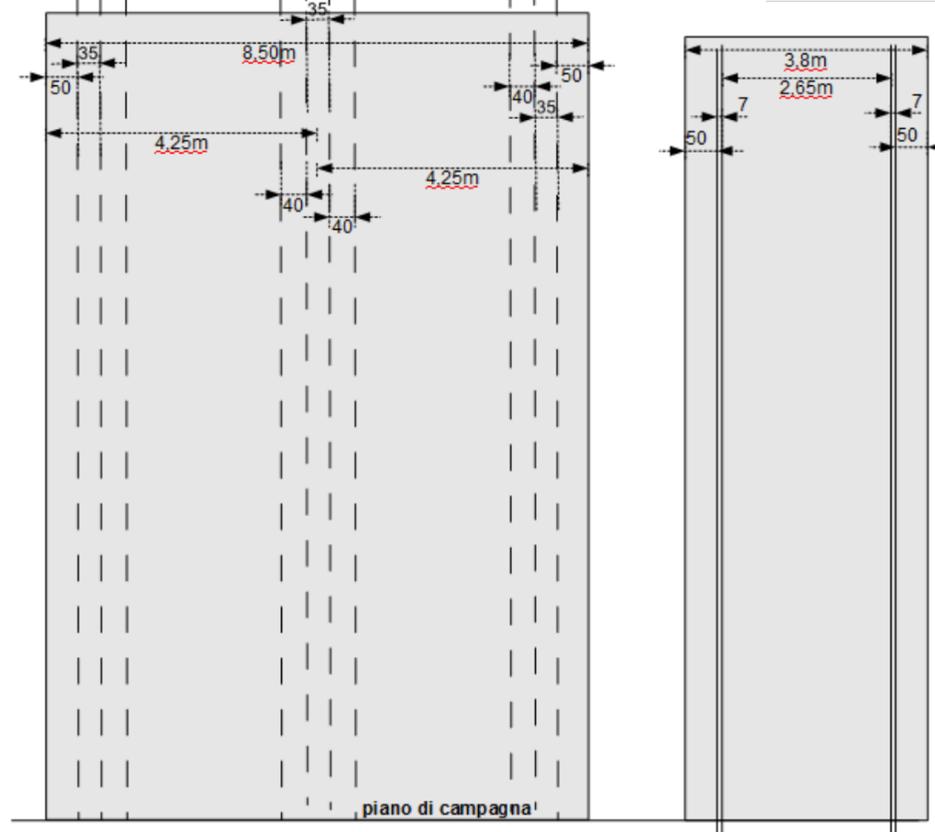
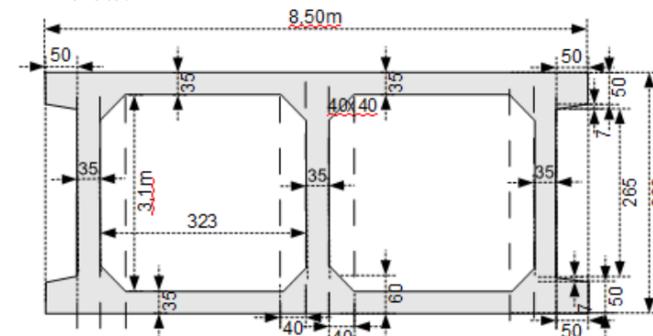
Carriageway NORD			
working days [d]	4,4	9,2	4,6
weeks	0,7	1,6	0,9

span	alignments	nm		slab cuts		holes	
		[nr]	[m]	[nr]	[m]	[n]	[m]
1	5	1,67	7	15	23	20	46
2	7	2,33	10	21	32	28	64
3	7	2,33	10	21	32	28	64
4	7	2,33	10	21	32	28	64
5	5	1,67	7	15	23	20	46
6	6	2	8	18	27	24	55
7	6	2	8	18	27	24	55
8	12	4	17	36	54	48	109
9	5	1,67	7	15	23	20	46

Carriageway SUD			
working days [d]	3,5	7,4	3,4
weeks	0,6	1,6	0,7

span	alignments	nm		slab cuts		holes	
		[nr]	[m]	[nr]	[m]	[n]	[m]
1	5	1,67	7	15	23	20	46
2	9	3	13	27	41	36	82
3	5	1,67	7	15	23	20	46
4	6	2	8	18	27	24	55
5	6	2	8	18	27	24	55
6	12	4	17	36	54	48	109
7	5	1,67	7	15	23	20	46

Schematica ricostruzione della geometria delle pile più alte. Visto che le tavole del "costruito" non furono reperibili, la geometria delle strutture dovette essere interamente rilevata.





Dettaglio della linea anticaduta vincolata alle pile.



Attività di demolizione meccanica e perforazione propedeutiche all'abbattimento con esplosivi.





Il viadotto pronto per essere caricato con gli esplosivi.  
Vista dalla spalla Nord, con a sx la carreggiata Nord.



Vista da sotto, lato carreggiata Nord.



Vista da sopra, lato carreggiata Nord.

**DEMOLIZIONE CON ESPLOSIVI**

*Sintesi delle fasi d'intervento*

**PRELIMINARI**

1. Ripristino delle vecchie piste per l'accesso a base pila
2. Sfalcio e regolarizzazione dei piani di caduta
3. Scarifica asfalto dal piano di via
4. Riscontro dello stato di conservazione dell'opera.
5. Recinzione dell'intorno del sedime del ponte ed area di cantiere NITREX

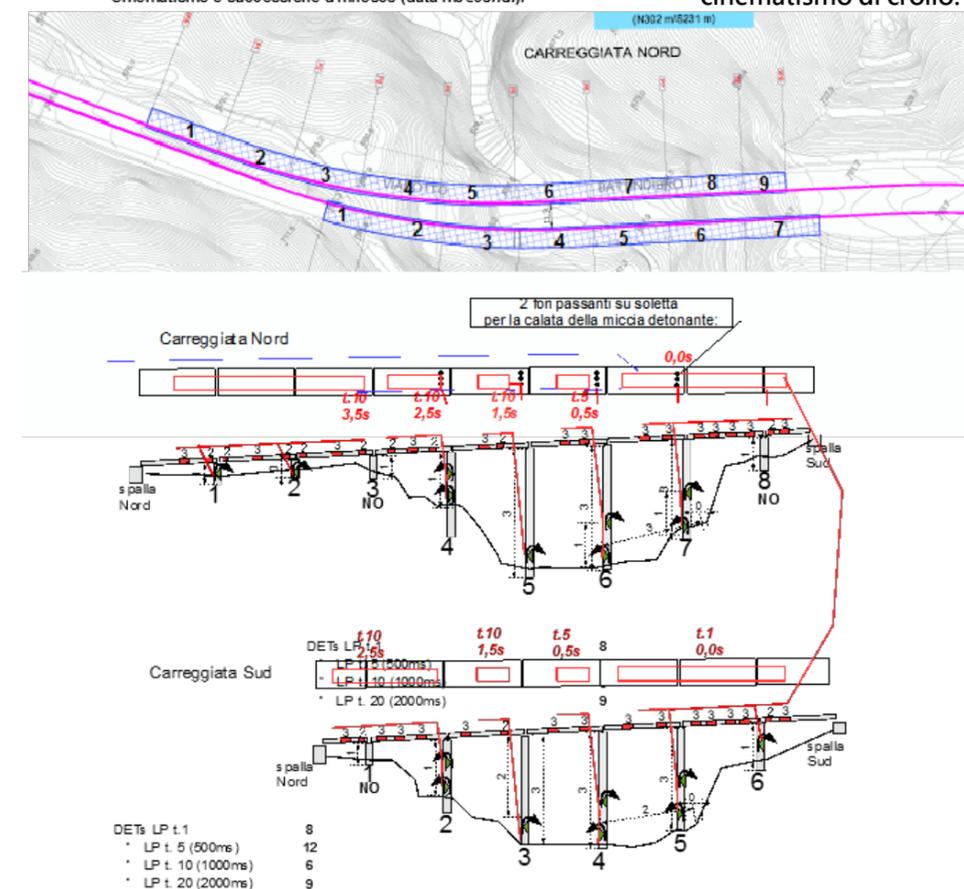
**PREDISPOSIZIONE ALLA DEMOLIZIONE**

1. Messa in opera del sistema anticaduta sugli impalcati.
2. Marcatura impalcati e pile, tracciamento fori e tagli.
3. Perforazione fori da mina su impalcati e pile.
4. Demolizione parziale della soletta.
5. Demolizione parziale membrane pile.
6. Pulizia aree di lavoro.
7. Spurgo ad aria dei fori (tutti).

**ABBATTIMENTO CON ESPLOSIVI**

1. Preparazione alla volata
2. Monitoraggio video, sismico ed onda sovrappressione aerea
3. Sgombero area di sicurezza ristretta.
4. Consegna esplosivi.
5. Caricamento volata.
6. Sgombero area di sicurezza estesa.
7. Segnalazione pericolo brillamento mine.
8. Innesco e brillamento mine,
9. Sfumo.
10. Controllo regolare esecuzione.
11. Pulizia del piano di via adiacente.
12. Distruzione esplosivi residui.

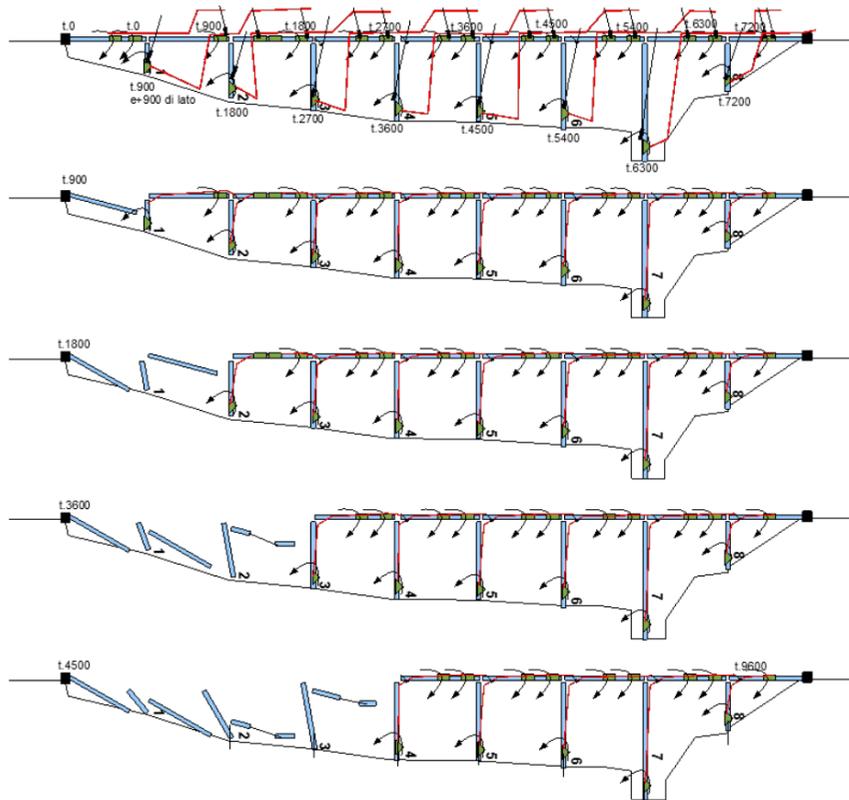
Schema dei collegamenti delle cariche e loro successione d'innesco per il cinematiso di crollo.





Schematica ricostruzione della successione d'innesco e relativo cinematismo di abbattimento degli impalcati e delle pile componenti il viadotto.

ALLEGATI GRAFICI - Pag. 1/1



Area di sicurezza per le persone allo scoperto per il lancio di frammento d'abbattuto ed ubicazione in pianta dei punti di misura sismica, onda di sovrappressione in aria e video.

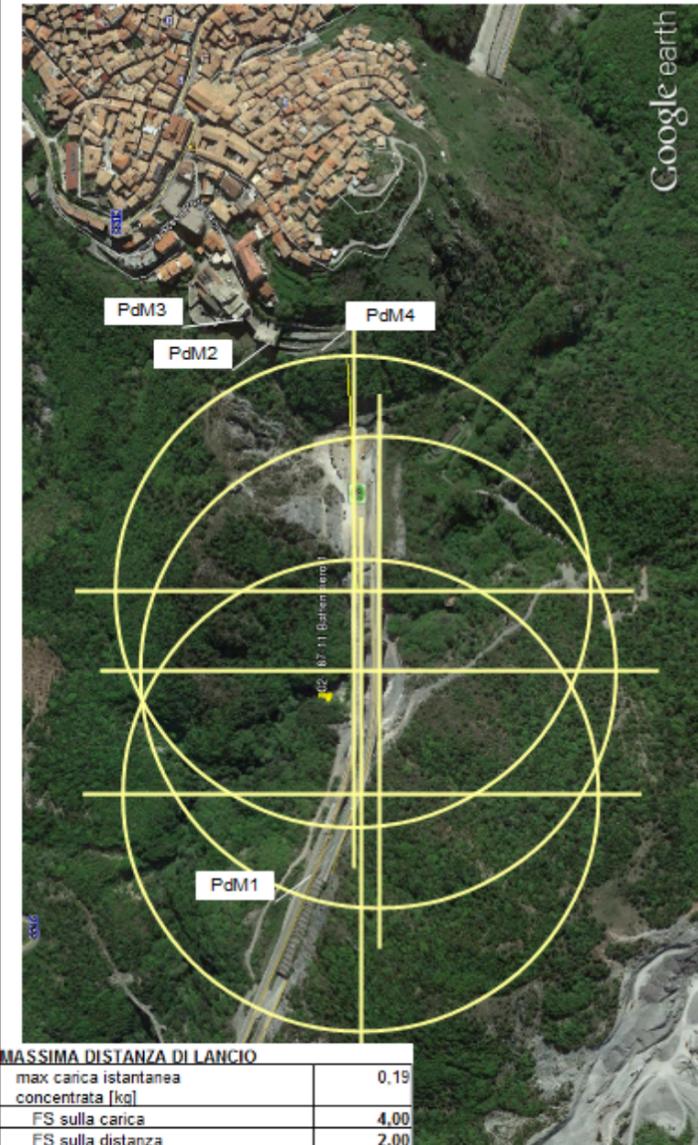


PROGETTO DI DEMOLIZIONE - Pag. 1/1

RE CETTORI E PUNTI DI MSURA

Le centraline di monitoraggio sismico - onda di sovrappressione aerea e le telecamere saranno posizionate presso i manufatti residenziali più vicini.

Area di sicurezza RISTRETTA: intorno di 30m dall'impronta degli impalcati  
Area di SICUREZZA ESTESA (linea gialla) raggio 240m dall'impronta degli impalcati

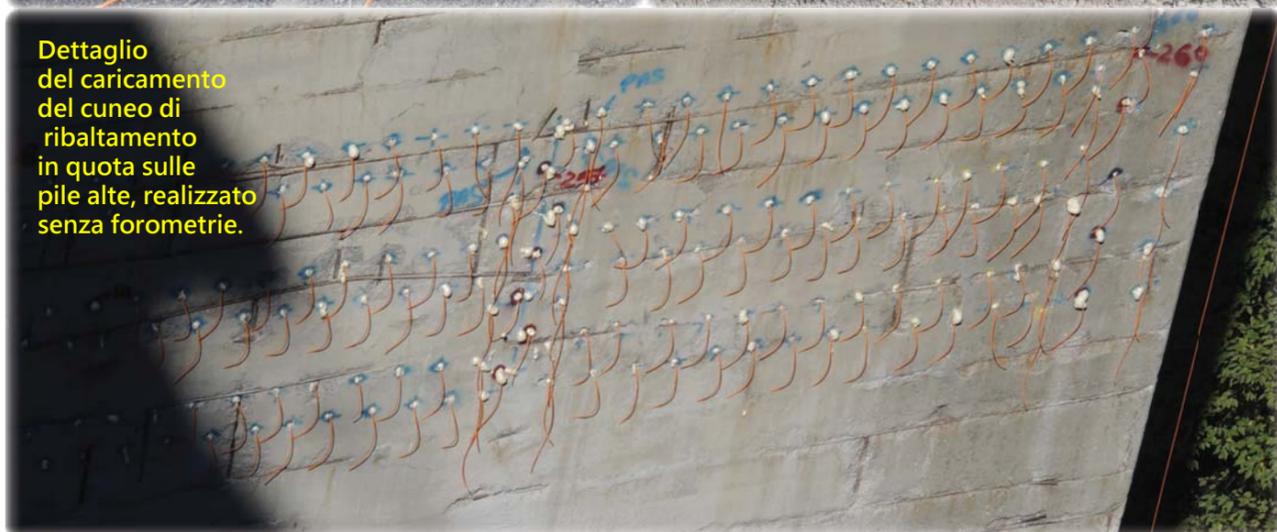


MASSIMA DISTANZA DI LANCIO	
max carica istantanea concentrata [kg]	0,19
FS sulla carica	4,00
FS sulla distanza	2,00
max distanza di lancio [m]	240
$R = 130 \cdot (NEW)^{0,333}$	
approssimaz. a decina superiore	

La preparazione delle cariche esplosive, con le smorze di dinamite e miccia detonante da 12 g/metro di PETN, ed il caricamento dei fori da mina.



Dettaglio del caricamento del cuneo di ribaltamento in quota sulle pile alte, realizzato senza forometrie.



La fiammata dell'esplosione in successione dei collegamenti di miccia detonante.



Il relitto del ponte a terra.

