27 GENNAIO 20256

Interventi sulle strutture: metodi di demolizione e decostruzione delle opere

Ing. Giovanni Massone

SINA
ASTM GROUP

Indice

Interventi sulle opere esistenti – le tipologie

Interventi sulle opere esistenti – i criteri di progetto 1

Le tecniche di demolizione 2

Demolizione controllata

Demolizione selettiva

Demolizione generalizzata

La decostruzione della via Nord del Viadotto Gravagna in A15 3

Tipologie di intervento sulle opere esistenti

Il progetto su un opera esistente (ponte o viadotto) può avere diversi obiettivi:

NTC 2018 – 8.4 definisce la tipologia di interventi:

- **riparazione**
- **miglioramento**
- **adeguamento**

Riferimento: d.lgs NTC 2018 – cap.8

Criteri di progetto viadotti esistenti

In base alla valutazione della sicurezza dell'opera come risponde dal punto di vista statico e/o sismico, generalmente gli interventi prevedono un «insieme» di queste lavorazioni:

- sostituzione appoggi
- sostituzione giunti
- rinforzo trave (c.a. /c.a.p/acciaio)
- rinforzo soletta e/o collegamento tra impalcati
- sostituzione barriera di sicurezza
- introduzione barriere antirumore
- rinforzo pile/pulvini/fondazioni
- sostituzione impalcato
- demolizione pulvini o pile
- sistemazione dello smaltimento acque (dai bocchettoni allo scarico a terra)

Tutte lavorazioni che richiedono interventi di demolizione / decostruzione / smontaggio. Chi progetta ed esegue deve conoscere i metodi di demolizione

Criteri di progetto viadotti esistenti

In base alla valutazione della sicurezza dell'opera come risponde dal punto di vista statico e/o sismico, generalmente gli interventi prevedono un «insieme» di queste lavorazioni:

- sostituzione appoggi
- sostituzione giunti
- rinforzo trave (c.a. /c.a.p/acciaio)
- rinforzo soletta e/o collegamento tra impalcati
- sostituzione barriera di sicurezza
- introduzione barriere antirumore
- rinforzo pile/pulvini/fondazioni
- sostituzione impalcato
- demolizione pulvini o pile
- sistemazione dello smaltimento acque (dai bocchettoni allo scarico a terra)

Tutte lavorazioni che richiedono interventi di demolizione / decostruzione / smontaggio. Chi progetta ed esegue deve conoscere i metodi di demolizione

TECNICHE DI DEMOLIZIONE

Tecniche di demolizione

La demolizione può avvenire:

- In modo controllato: carotaggi, tagli,
- In modo selettivo: Idrodemolizione, asportazione meccanica
- In modo generalizzato: pinze/martelli montati su escavatori o su flight, con esplosivo

La scelta del metodo di demolizione è funzione dai criteri di progetto.

La demolizione controllata o selettiva sono tipicamente utilizzate negli interventi di rinforzo di travi, solette, pile, plinti di fondazione. L'obiettivo è il mantenimento di parti di opera esistente integra.

La demolizione generalizzata è utilizzata quando il progetto prevede la completa sostituzione del viadotto o della parte di elemento.

Taglio a lama e a filo

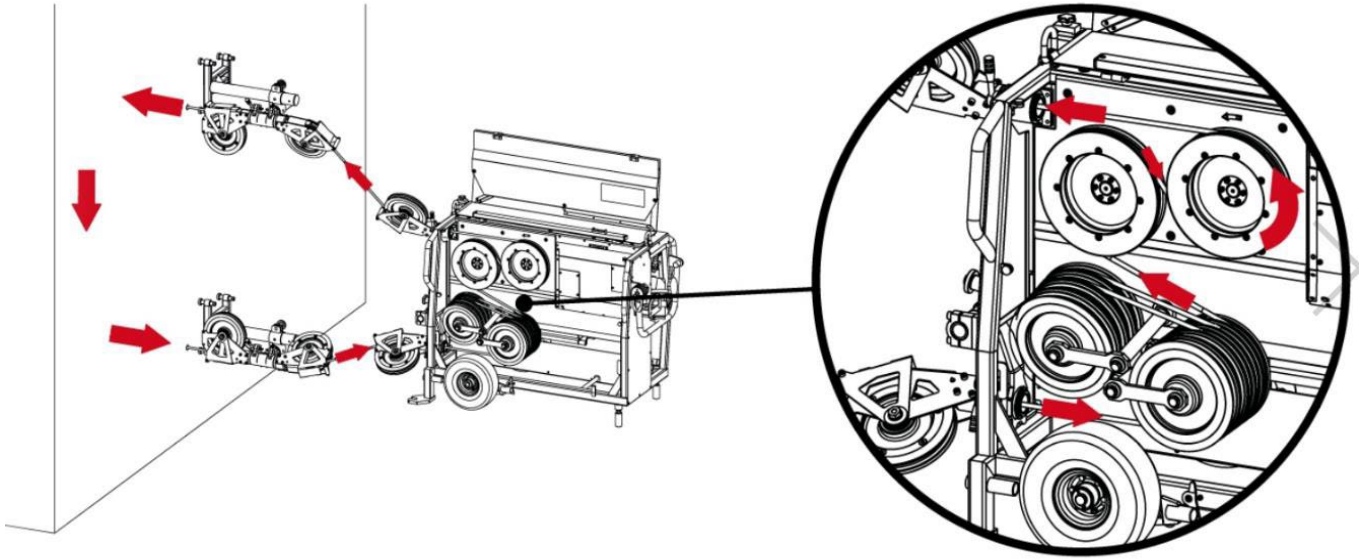
Il Taglio permette di non lesionare la struttura con maggiore precisione e pulizia:

Taglio a disco:

- Attrezzatura elettrica
- Tagli su calcestruzzo armato e pietra
- Raffreddamento solo ad acqua
- Spessore di taglio massimo 73cm(disco circa 150cm) raggiungibile con più tagli
- Elementi modulari permettono lunghezze di taglio a piacere
- Gestione del taglio con comando remoto

Taglio a filo:

- non Nessun limite di profondità
- versatilità : possibilità di tagliare cemento armato e metallo sia a umido che a secco
- Basse vibrazioni trasferite alla struttura
- Basso livello di rumore <85 dB



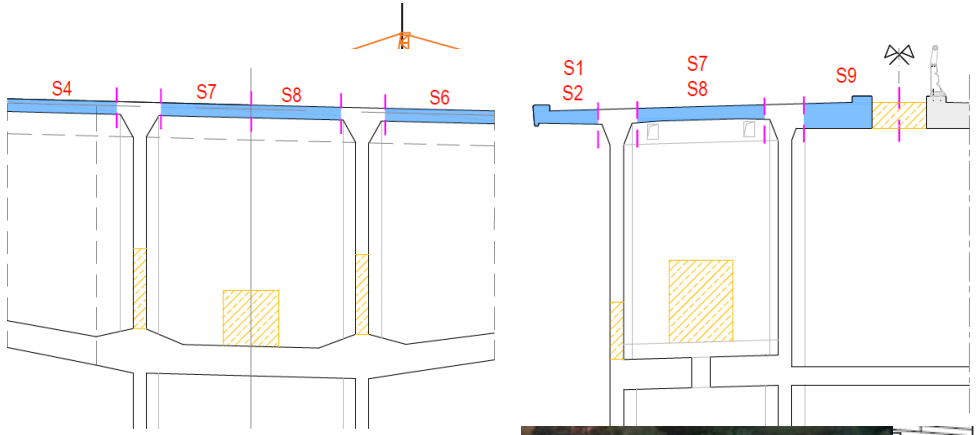
Carotaggio

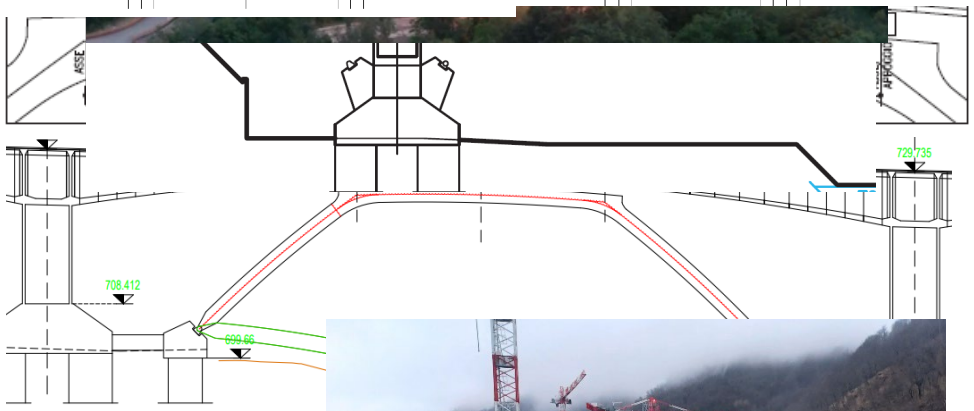
- dimensione carotaggio generalmente utilizzata circa 10-15cm; diametri maggiori carotieri speciali
- maggiore è la lunghezza maggiore è il disallineamento del foro. In base all'utensile si possono fare carotaggi di 30cm (es. anima di una trave) fino a 4-5m (es. plinto o pulvino)
- la presenza di molta armatura rallenta l'operazione e soprattutto se interferente viene tranciata
- spesso l'affiancamento di tanti carotaggi permette la rimozione di elementi quali baggioli

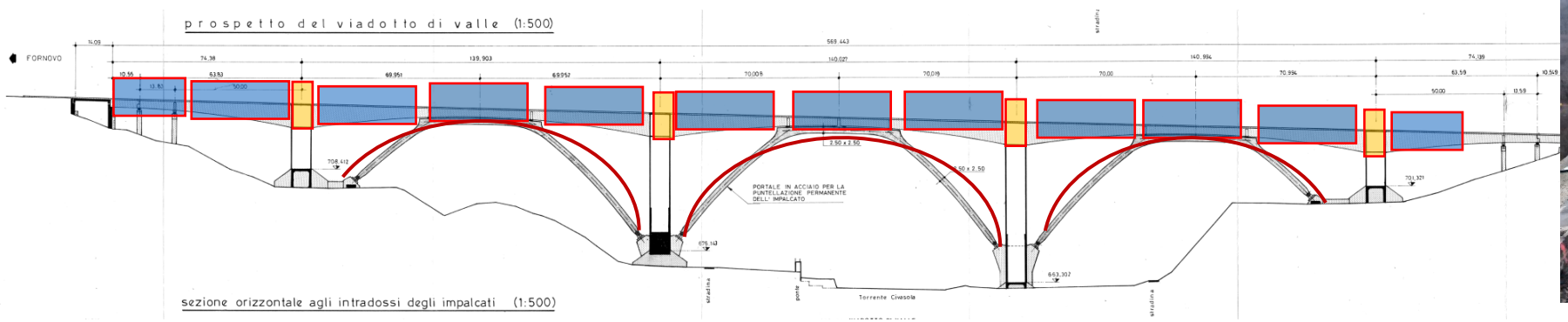
La demolizione e lo smontaggio delle opere

Le opere possono essere demolite in modo generalizzato, in questo caso richiedono la protezione degli elementi sottostanti (es i cavalcavia, rimozione barriere, stesa di geotessile, stesa di sabbia), la gestione del traffico , spesso in orario notturno, e la gestione del materiale di risulta

Smontaggio Viadotto Gravagna







Studi ed Analisi

- **Analisi preliminari:**
- Studio del comportamento statico dell'arco in carico e scarico (Modelli FEM con analisi dinamiche lineari)
- Studio preliminare di formazione delle catene cinematiche (Diversi schemi sviluppati)

- **Analisi specialistiche avanzate:**
- Studio energetico con definizione dell'onda di pressione sviluppata dall'innesco dell'esplosivo (Modelli proprietari Impresa Siag)
- Studio di risposta dinamica agli effetti delle esplosioni del viadotto esistente (Modelli FEM con analisi dinamiche non-lineari NLTH)

- **Monitoraggio dinamico:**
- Analisi dinamiche in continuo per identificazione dinamica con sensori effettuate prima e dopo esplosioni

Qualche numero

- **Geometria Elementi**
- Luce interpila = 140 m; Numero Archi = 3

- ***Arco centrale (Arco 2)***
- Sviluppo elemento = 160 m
- Altezza in chiave = 45 m (+15 m capitelli)
- Peso = 4500 kN circa 450 Ton

- ***Archi laterali (Arco 1 e Arco 3)***
- Sviluppo elemento = 135 m
- Altezza in chiave = 40 m;
- Peso = 3500 kN circa 350 Ton

- **Sezione tipologica**
- Sezione scatolare = 2,5*2,5 m2
- Spessore lamiere = 20 mm (sup+inf); 15 mm (lat)
- Nervature longitudinali = Spessore = 15 mm; Tot = 20 piatti (2*6 +2*4)

- ***Esplosivi***
- Cariche cave per coppia tagli lamiere metalliche = 6 kg TNT equiv
- Candelotti per sbriciolamento cls capitelli = 0,4 kg/m3

- ***Azioni sollecitanti***
- Risultante orizzontale longitudinale = 560 kN circa 56 Ton
- Risultante orizzontale trasversale = 160 kN circa 16 Ton

Descrizione del Cinematismo

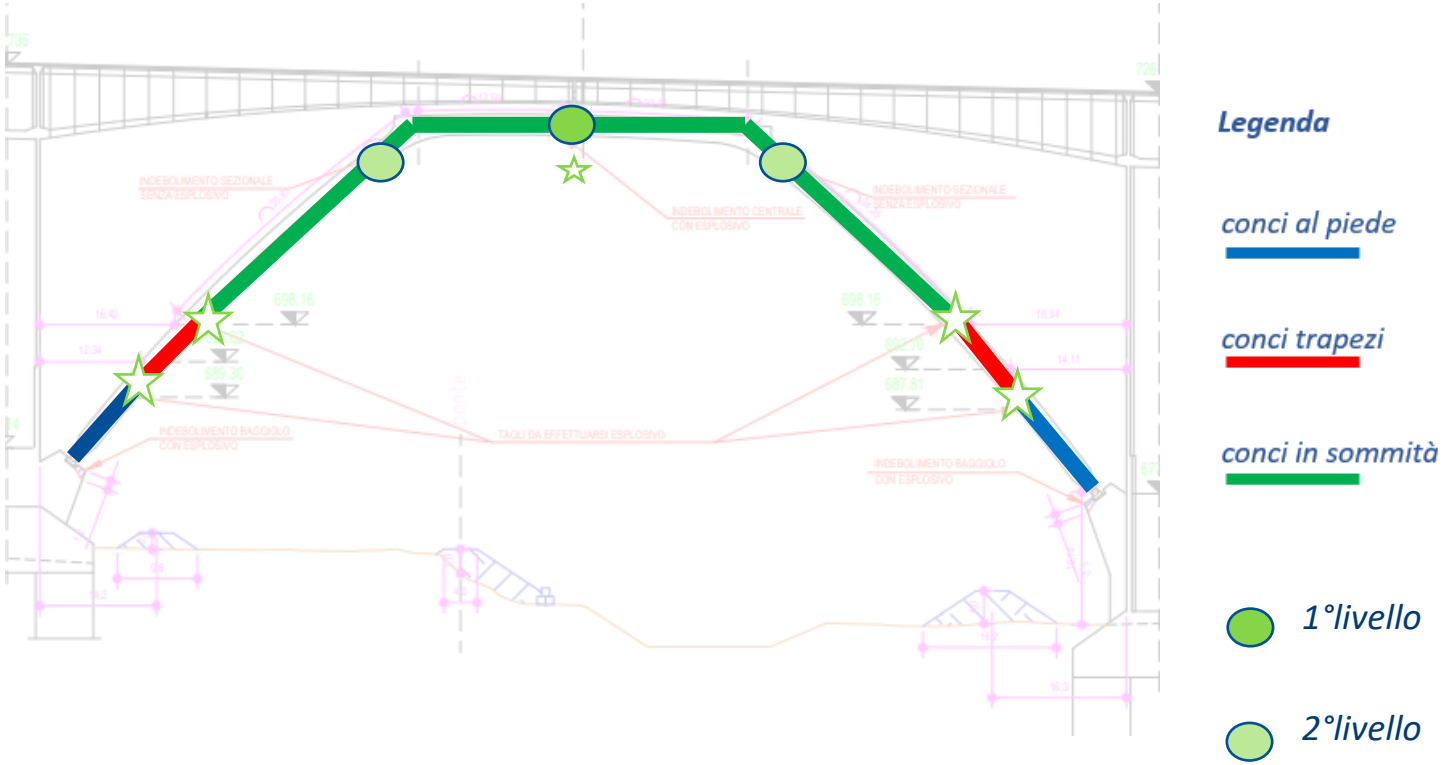
- **Il cinematismo ottimale è stato ottenuto attraverso differenti tecniche.**

- L'arco è stato **sezionato** in "n" porzioni che sono poi cadute con una precisa sequenza a terra.

- **Elementi dopo sezionamento:**
- *conci al piede*
- *conci trapezi*
- *conci in sommità*

- **Sequenza gerarchica:**
- Separazione dei conci trapezi (tagli con esplosivo)

- la catena cinematica si completa tramite attivazione di cerniere progressive
- *di 1°livello (separazione in sommità)*
- *di 2°livello (solo indebolimento sezionale senza separazione)*



Descrizione del Cinematismo

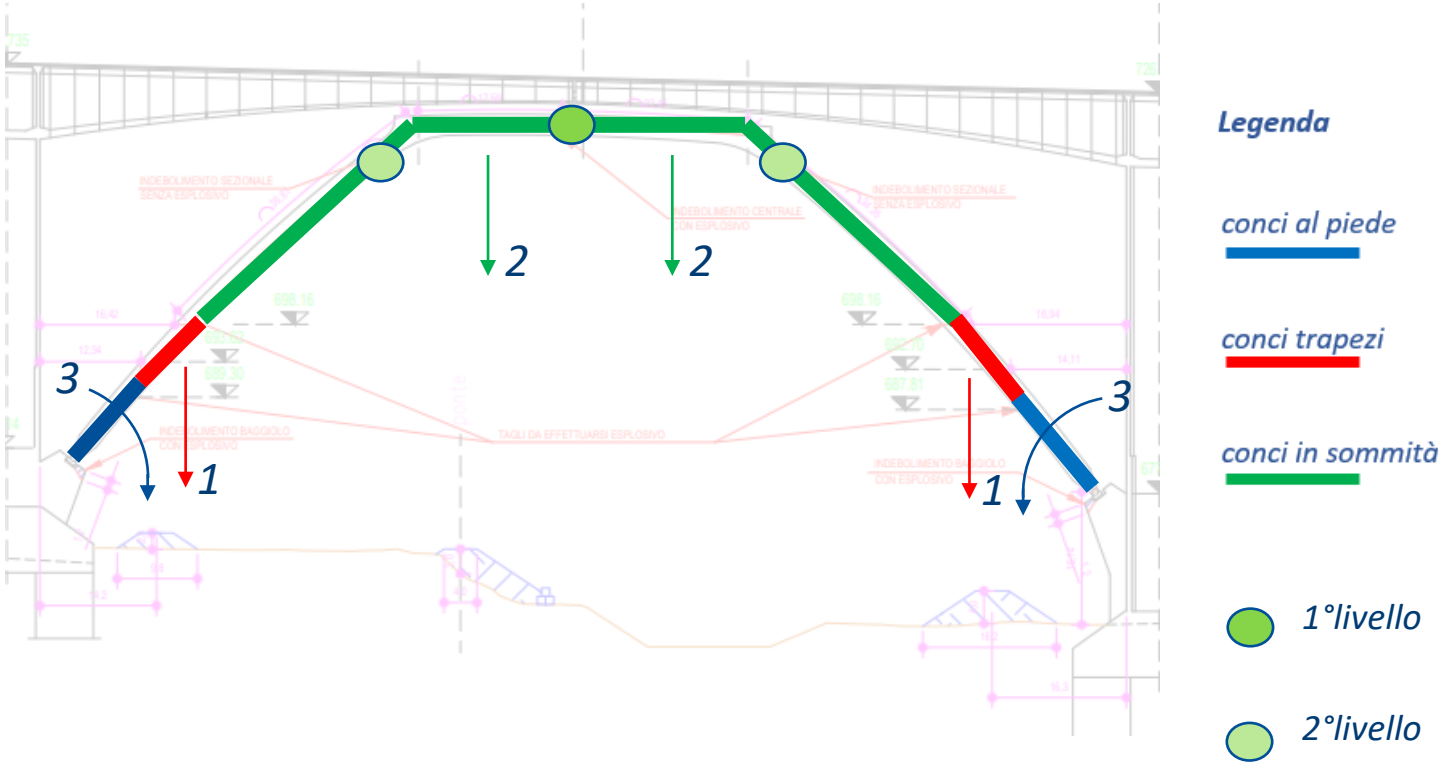
- **Il cinematismo ottimale è stato ottenuto attraverso differenti tecniche.**

- L'arco è stato **sezionato** in "n" porzioni che sono poi cadute con una precisa sequenza a terra.

- **Elementi dopo sezionamento:**
- *conci al piede*
- *conci trapezi*
- *conci in sommità*

- **Sequenza gerarchica:**
- Separazione dei conci trapezi (tagli con esplosivo)

- la catena cinematica si completa tramite attivazione di cerniere progressive
- *di 1°livello (separazione in sommità)*
- *di 2°livello (solo indebolimento sezionale senza separazione)*



Descrizione del Cinematismo

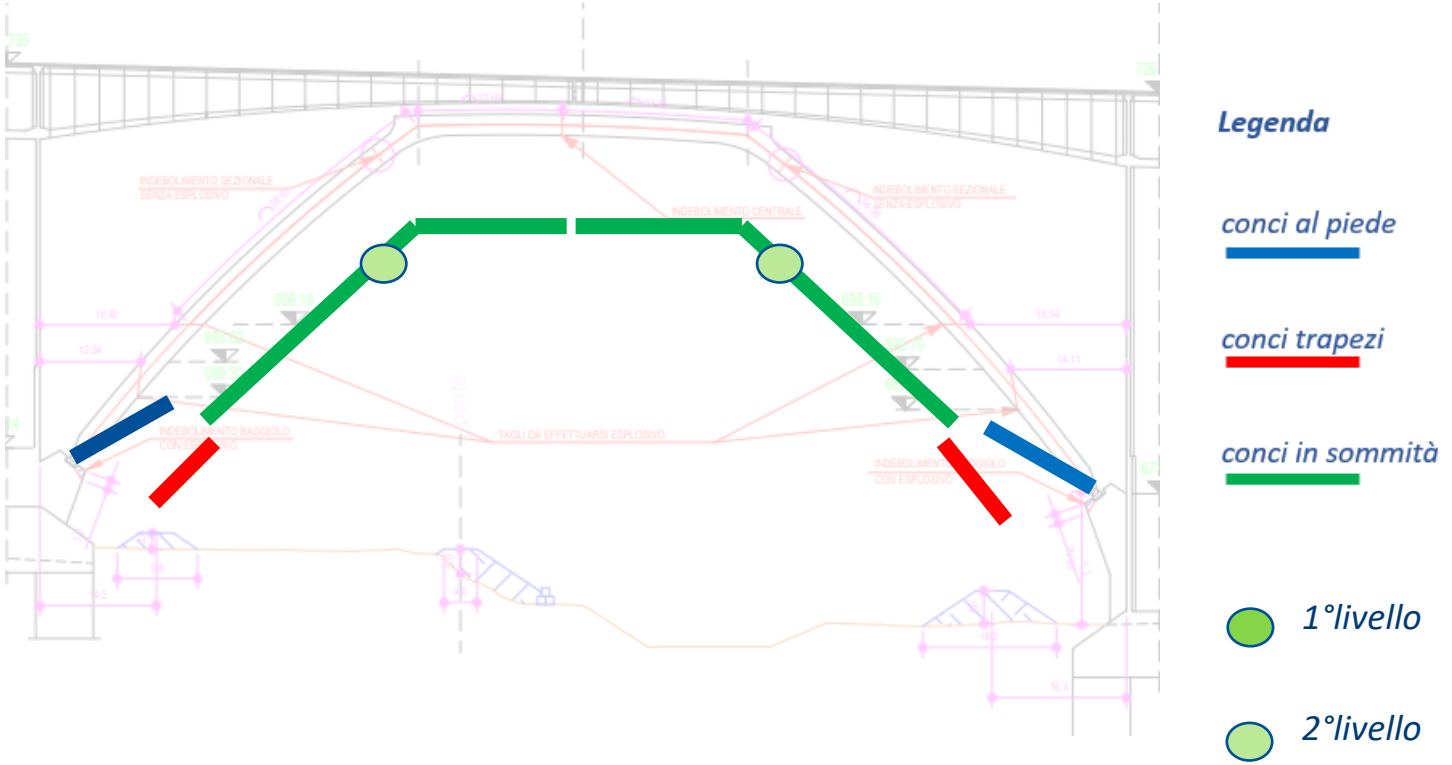
- **Il cinematismo ottimale è stato ottenuto attraverso differenti tecniche.**

- L'arco è stato **sezionato** in "n" porzioni che sono poi cadute con una precisa sequenza a terra.

- **Elementi dopo sezionamento:**
- *conci al piede*
- *conci trapezi*
- *conci in sommità*

- **Sequenza gerarchica:**
- Separazione dei conci trapezi (tagli con esplosivo)

- la catena cinematica si completa tramite attivazione di cerniere progressive
- *di 1°livello (separazione in sommità)*
- *di 2°livello (solo indebolimento sezionale senza separazione)*



Descrizione del Cinematismo

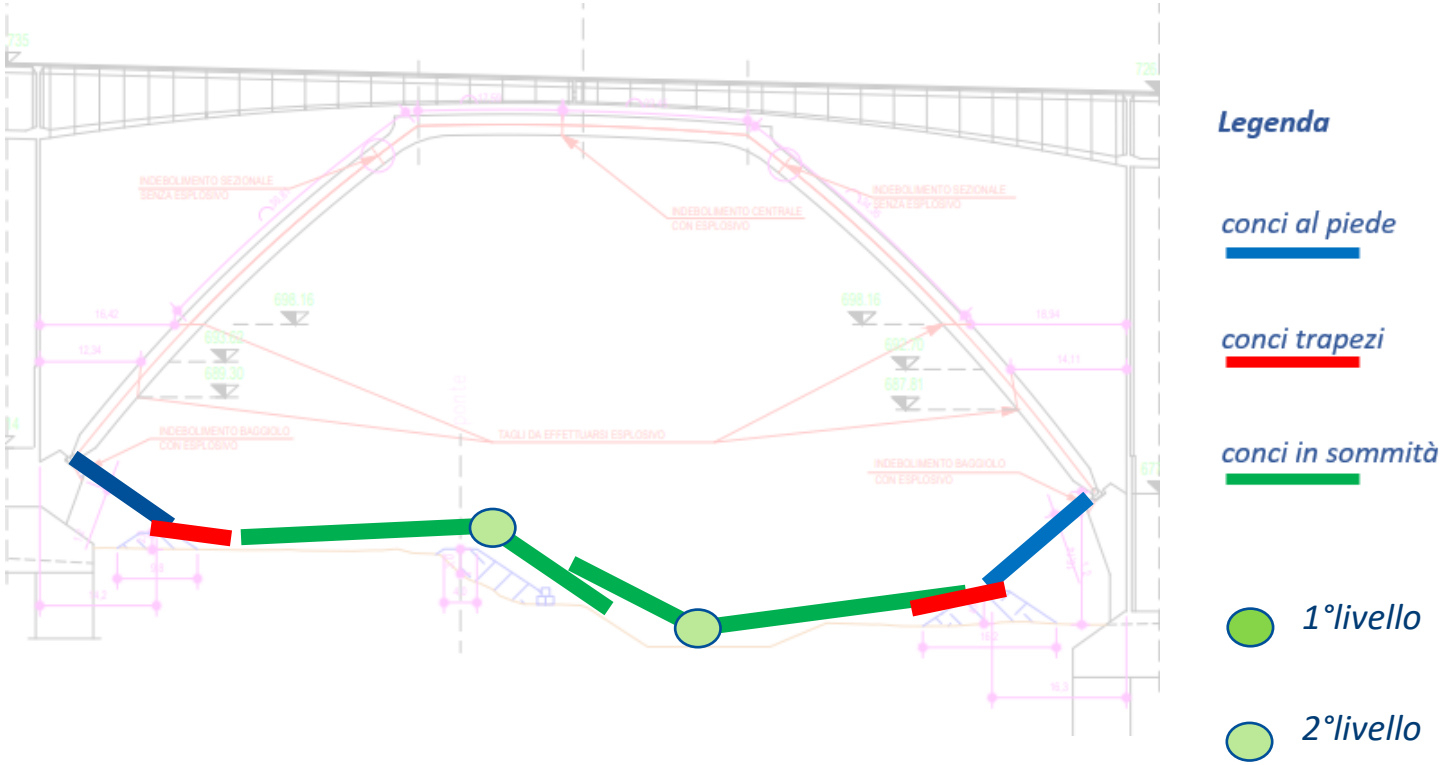
- **Il cinematismo ottimale è stato ottenuto attraverso differenti tecniche.**

- L'arco è stato **sezionato** in "n" porzioni che sono poi cadute con una precisa sequenza a terra.

- **Elementi dopo sezionamento:**
- *conci al piede*
- *conci trapezi*
- *conci in sommità*

- **Sequenza gerarchica:**
- Separazione dei conci trapezi (tagli con esplosivo)

- la catena cinematica si completa tramite attivazione di cerniere progressive
- *di 1°livello (separazione in sommità)*
- *di 2°livello (solo indebolimento sezionale senza separazione)*



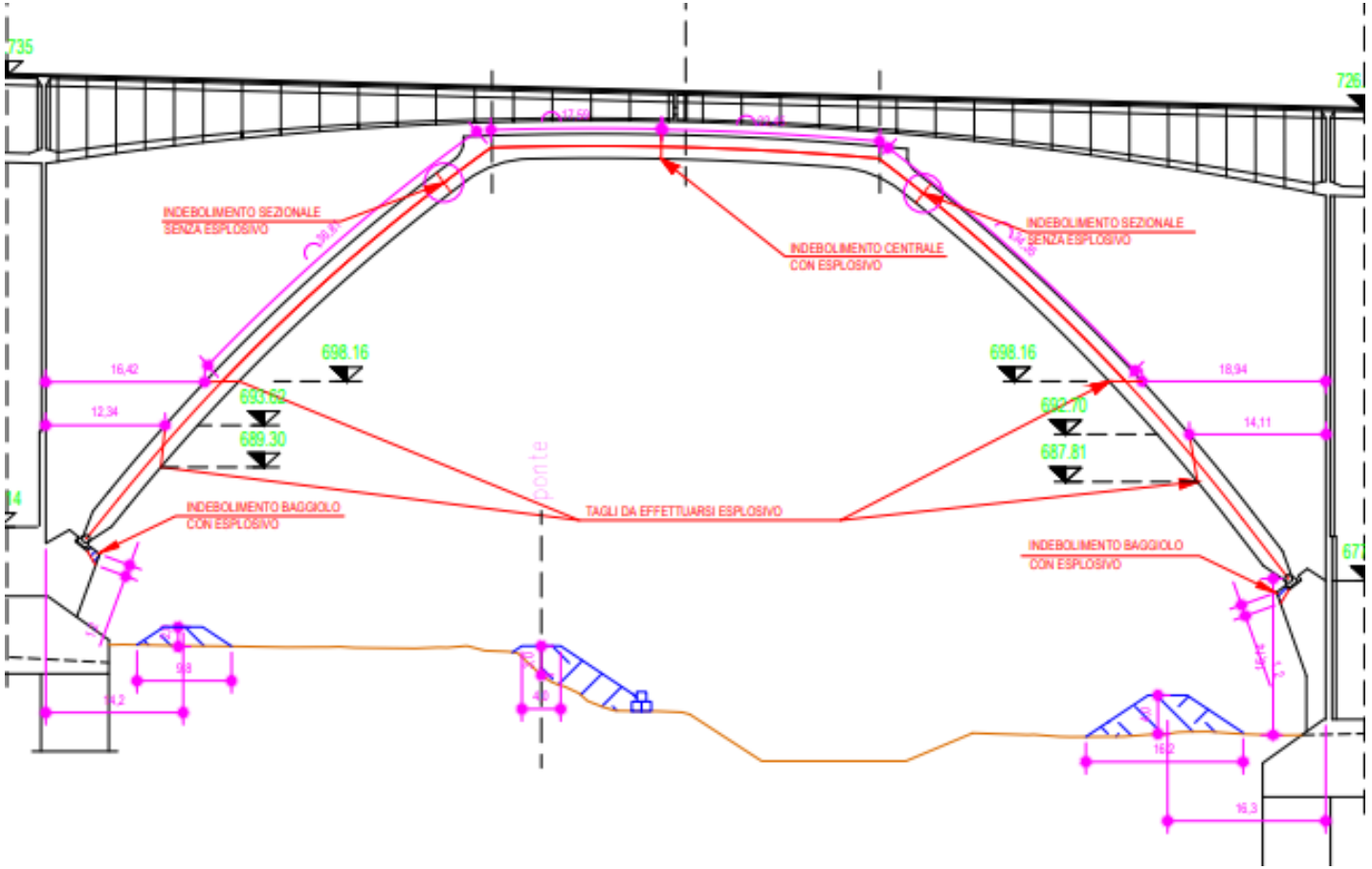
Arco centrale – A2

Lato monte

Verso PR

Arco 2

Simmetrico

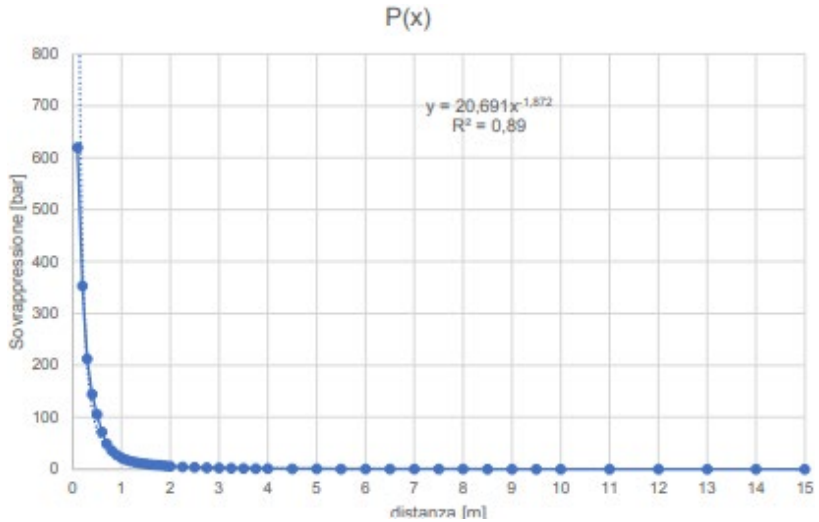


Lato valle

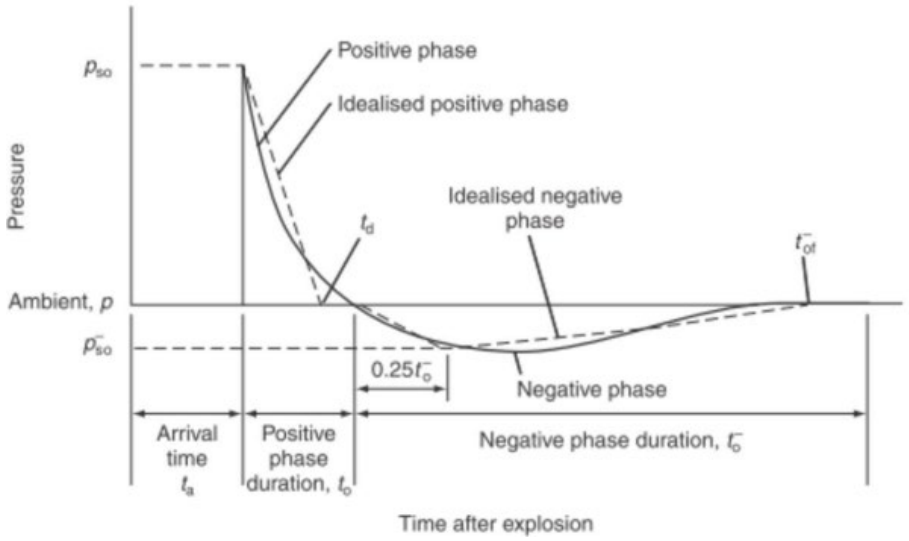
Verso SP

Step operativi 1

- **Definizione degli effetti dell'esplosione:**
- Analisi dell'Onda di pressione **(Air-Blast)**
- Noto il materiale (spessore lamiere metalliche) e la geometria (sviluppo della sezione scatolare)
- Viene definita l'energia sviluppata dall'esplosivo per sezionare interamente l'arco.
- *Valutata la riduzione (da Free-field a Confined-field)*



- **L'effetto dell'esplosione è un'onda sferica di pressione (air-blast) che si propaga investendo le strutture adiacenti esistenti.**
- *Fisicamente ho una compressione istantanea (impatto) seguita da una depressione (suzione).*
- Si sviluppano pressioni elevatissime (600 bar) in prossimità all'innesco che si riducono in modo esponenziale molto rapidamente (entro i 10-12m)



Step operativi 2

- **Scelta delle posizioni dei tagli:**
- La posizione ottimale della coppia di tagli è stata ottenuta nota l'entità dell'onda di pressione.
- Utilizzati attenuatori (sacchi sabbia+acqua) per smorzare effetti su archi omologhi adiacenti

- Necessità di evitare che la risultante delle pressioni sollecitasse troppo le strutture investite.
- Verificati localmente gli elementi strutturali investiti (fusti pile, archi omologhi, impalcato).

- **Scelta delle inclinazioni dei tagli:**
- I tagli che individuano i conci trapezi sono stati effettuati con inclinazioni specificatamente studiate.
- Sfruttando la gravità evitano che i conci possano incastrarsi/bloccarsi tra loro.

Interventi

Tagli con esplosivo

Cariche cave disposte internamente all'arco

Lungo tutto lo sviluppo

Demolizione porzione capitelli cls

Candelotti in TNT disposti internamente all'elemento

Cerniera di 1°livello

Indebolimenti meccanici (spigoli + nervature + pareti)

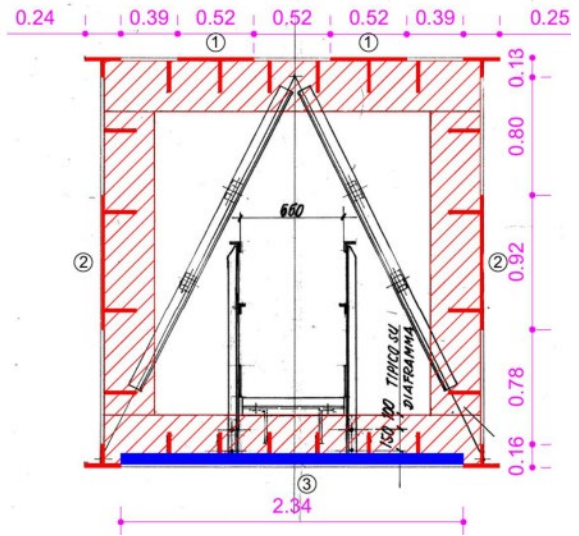
Carica cava per taglio lamiera intradosso

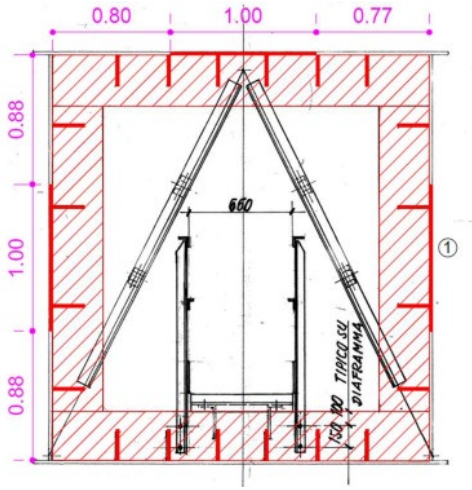
Separazione fisica dei conci

Cerniera di 2°livello

Soli indebolimenti meccanici (nervature + pareti)

Plasticizzazione tra i conci





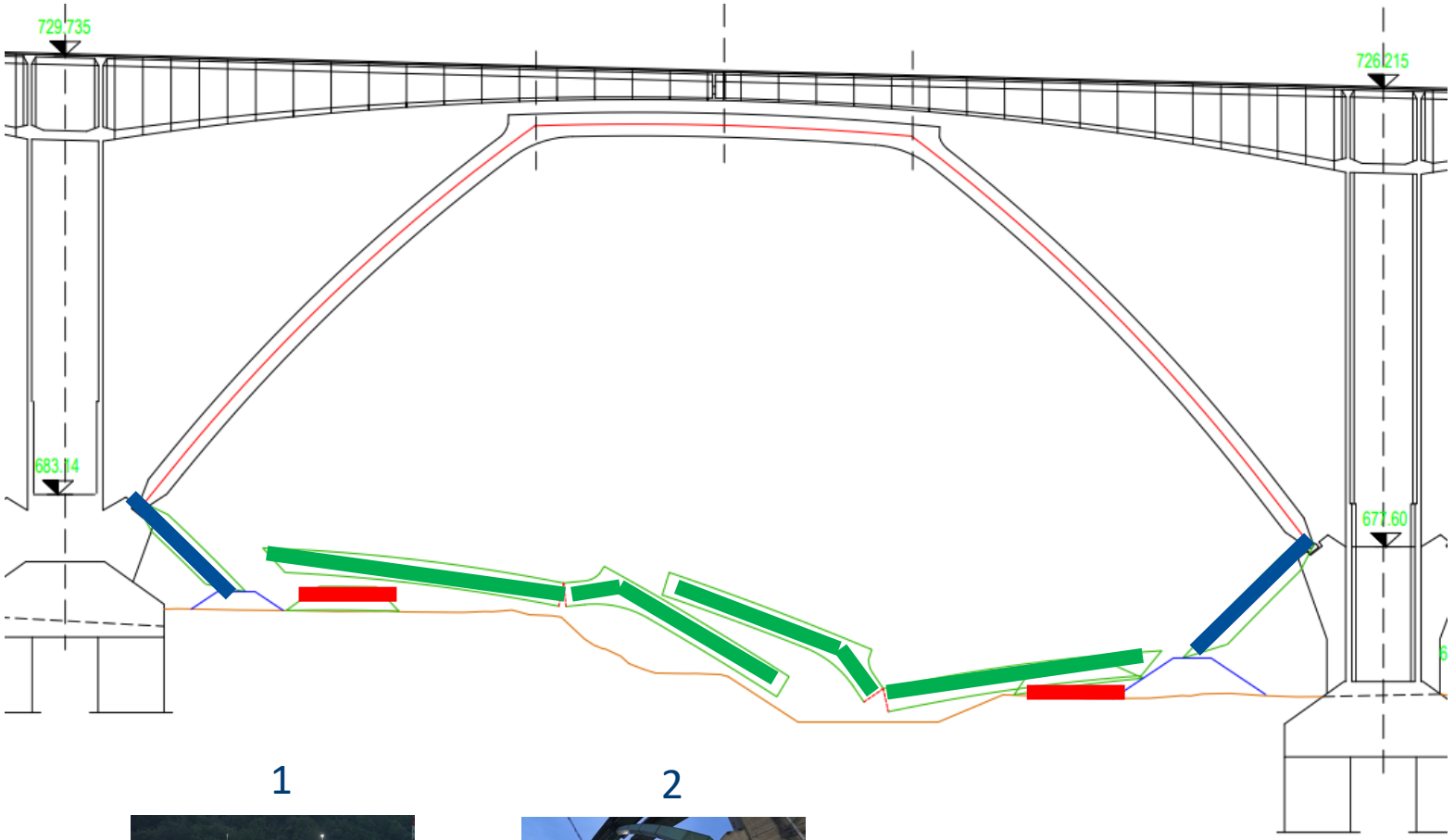
Configurazione finale Arco centrale – A2

Legenda

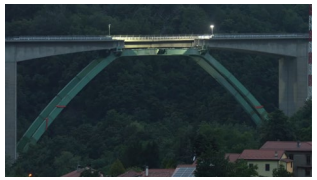
conci al piede

conci trapezi

conci in sommità



1



2

La demolizione e lo smontaggio delle opere

Le opere possono essere demolite in modo generalizzato, richiedono la protezione degli elementi sottostanti (es i cavalcavia, rimozione barriere, stesa di geotessile, stesa di sabbia).

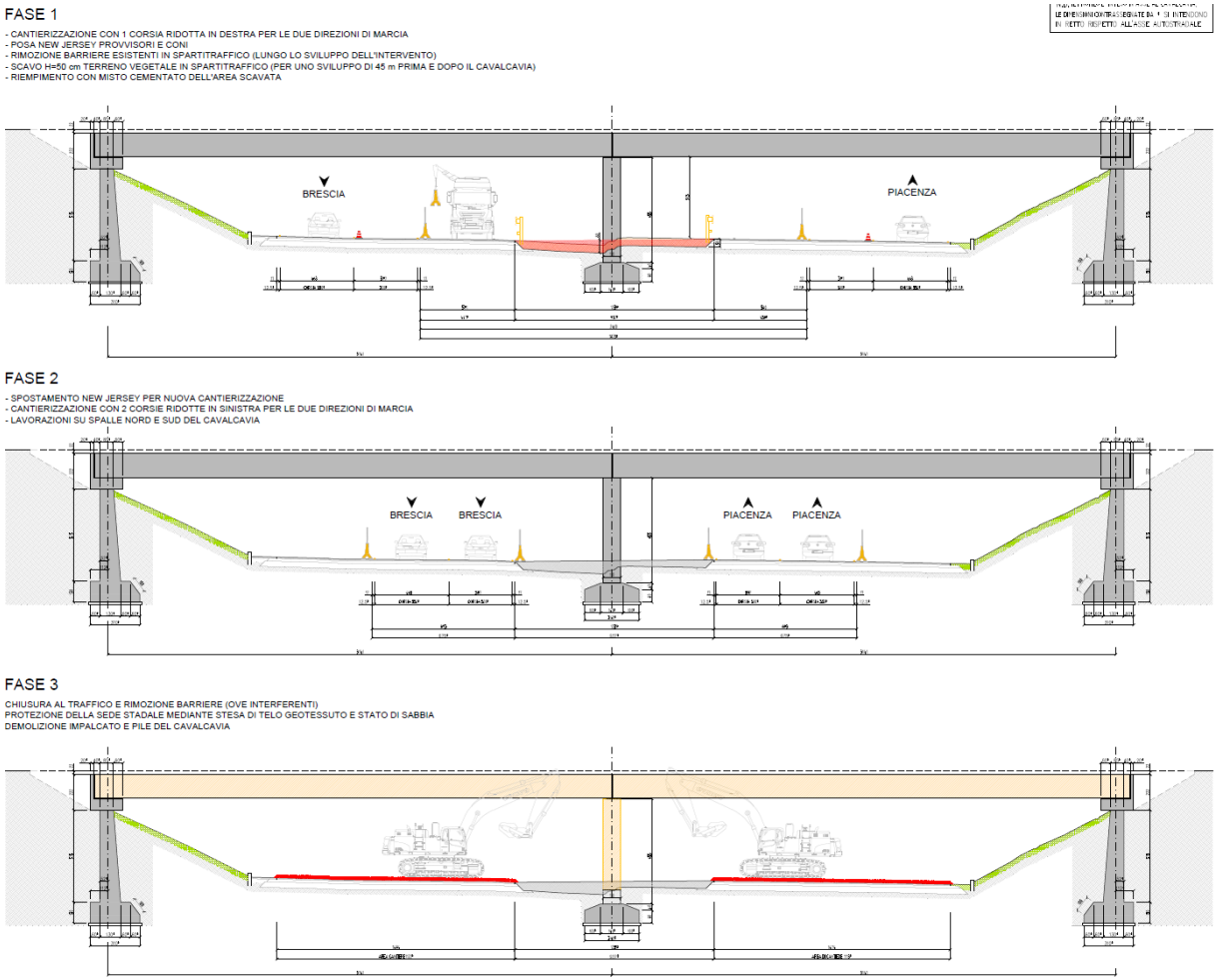
In via generale la demolizione selettiva permette di isolare elementi di opere per poter essere poi sollevati e rimossi.

Le operazioni di demolizione mediante esplosivo richiedono carotaggi per la predisposizione dei candelotti, tagli di alleggerimento o indebolimento.

Le demolizioni devono essere attentamente progettate in questi aspetti principali:

- cinematismi e conseguenze sulle strutture o infrastrutture interferenti o vicine
- indebolimenti in funzione dei pesi e dei carichi da portare fino all'ultimo
- modalità di recupero materiale di risulta

il progetto esecutivo deve identificare la sequenza di demolizione ed eventuali opere provvisionali che garantiscano i tre aspetti principali, poi è l'impresa esecutrice che dovrà dettagliare in base ai propri mezzi, tempi, squadre e risorse il piano di demolizione e il piano operativo di sicurezza.



il progetto esecutivo deve identificare la sequenza di demolizione ed eventuali opere provvisionali che garantiscano cinematismi, pesi, recupero materiali

BEHIND THE JOURNEY
BEYOND THE DESTINATION