



DIREZIONE GARE APPALTI LAVORI PUBBLICI INFRASTRUTTURE E STRADE
SERVIZIO STRUTTURE RETI E OPERE IDRAULICHE

N. 0581-20 Registro
N. 0016-20 Reg. Area

VI.5/F0138-20

PROPOSTA DI DELIBERA DI GIUNTA

Oggetto: Lavori denominati 'Intervento straordinario di sistemazione del viadotto di Boccaleone – 2° lotto' (N° PTLP 2019-45 - CUP H17H19000020004)
Approvazione del progetto definitivo. Spesa complessiva euro 800.000,00 (IVA compresa).

Premesso che:

- nel programma triennale dei lavori pubblici 2020-2022, approvato con deliberazione del Consiglio comunale nella seduta del 20.12.2019 n° 0193-19 Reg. C.C. / n° 0111-19 Prop., è stato inserito sull'annualità 2020 l'intervento denominato "Intervento straordinario di sistemazione del viadotto di Boccaleone – 2° lotto" (N° PTLP 2019-45 - CUP H17H19000020004) per una spesa complessiva pari a euro 800.000,00 (IVA compresa);
- la progettazione è stata affidata al raggruppamento temporaneo formato dal capogruppo Dott. Ing. Lorenzo Jurina, con studio in Cassina De' Pecchi (MI) quartiere Aurelia 29 e dal mandante Dott. Ing. Andrea Bassoli, con studio in Milano via S. G. Cottolengo 14;
- il Dott. Ing. Fabio Ghisalberti svolge il ruolo di responsabile unico del procedimento dell'intervento ai sensi dell'articolo 31 del D.lgs. 50/2016;
- il raggruppamento incaricato dell'attività di progettazione ha provveduto alla redazione della progettazione di livello definitivo, il cui quadro economico di spesa risulta così determinato:

A - LAVORI A BASE D'APPALTO				
Lavori soggetti a ribasso di gara	Euro			520.228,62
oneri per la sicurezza	Euro			70.857,00
TOTALE LAVORI A BASE D'APPALTO	Euro		Euro	591.085,62
B – SOMME A DISPOSIZIONE				
Spese per incentivo art. 113 del D.lgs. 50/2016	Euro			10.000,00
I.V.A. al 10 % sui lavori	Euro			59.108,56
Spese tecniche progetto, DL, rilievi, collaudi (C.I. e IVA comprese)	Euro			135.243,14
Allacciamenti	Euro			4.562,68
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE			Euro	208.914,38
IMPORTO COMPLESSIVO DELL'OPERA			Euro	800.000,00

- l'appalto ha per oggetto, in sintesi, la prosecuzione dell'intervento di sistemazione del viadotto di Boccaleone, in continuità con il progetto esecutivo del 1° lotto d'intervento; l'esigenza che il manufatto presenta è correlata alla necessità di provvedere alla manutenzione e consolidamento delle strutture di sostegno al fine di garantire la sicurezza della circolazione. La proposta è volta ad ottenere una riqualificazione dell'impalcato, dei giunti e del sistema di raccolta e allontanamento delle acque meteoriche di superficie;
- il progetto è composto dai seguenti elaborati:
 - ✓ relazione generale;
 - ✓ relazione tecnico-specialistica;



COMUNE DI BERGAMO

- ✓ calcoli strutture;
- ✓ documento preliminare sicurezza;
- ✓ computo metrico estimativo;
- ✓ elenco prezzi;
- ✓ quadro economico di progetto;
- ✓ tavole planimetriche.

Dato atto che il progetto è stato redatto in conformità a quanto previsto dal D.lgs. 50/2016 e che il responsabile del procedimento, Dott. Ing. Fabio Ghisalberti, ha individuato gli elaborati che compongono il progetto di che trattasi, redatti in conformità al D.P.R. 207/10, la cui vigenza in ordine ai contenuti degli elaborati progettuali è confermata dall'articolo 216 comma 4 del D.lgs. 50/2016.

Visto il citato D.lgs. 267/00 e il D.lgs. 50/2016

SI PROPONE

1. Di approvare, in linea tecnica, il progetto definitivo dei lavori denominati "*Intervento straordinario di sistemazione del viadotto di Boccaleone – 2° lotto*" (N° PTLP 2019-45 - CUP H17H19000020004), composto da tutti gli elaborati in premessa indicati.
2. Di dare atto che il Dott. Ing. Fabio Ghisalberti ricopre la funzione di responsabile unico del procedimento, ai sensi dell'articolo 31 del D.lgs. 50/2016.

Il Responsabile del procedimento
Ing. Fabio Ghisalberti

L'Assessore ai Lavori Pubblici
Marco Brembilla

Allegati: n° 1 copia progetto su supporto informatico + schema di deliberazione.

COMUNE DI BERGAMO
Area: Politiche del Territorio
Direzione: Strade, Servizi a Rete e Opere Idrauliche
Servizio: Strade e Parcheggi
Via Quarenghi, 33/35
24100 Bergamo

**INTERVENTO STRAORDINARIO
DI SISTEMAZIONE DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE
2° LOTTO**

Progetto Definitivo
CUP H17H17000330004 - CIG 8461833D78

A00 – ELENCO ELABORATI

DICEMBRE 2020

prof. ing. Lorenzo Jurina (CAPOGRUPPO)
Quartiere Aurelia, 29 - 20051 Cassina de' Pecchi (MI)
tel: 02.95.29.91.67
Ordine Ingegneri di Milano n. 10893
studio.jurina@jurina.it

ing. arch. Andrea Antonio Bassoli
via Rimini, 23 - 20142 Milano
tel: +39 328.83.92.917
Ordine Ingegneri di Milano n. A27178
Ordine Architetti di Milano n. 19216
andrea.bassoli@gmail.com

ELENCO ELABORATI			
Relazioni			
#	Tipologia	Codice	Nome
1	DOCUMENTO	A00	Elenco Elaborati
2	DOCUMENTO	A01	Relazione generale
3	DOCUMENTO	A02	Relazione tecnico-specialistica
4	DOCUMENTO	A03	Calcoli delle strutture
5	DOCUMENTO	A04	Prime indicazioni e disposizioni per il Piano di sicurezza e coordinamento
6	DOCUMENTO	A05	Elenco prezzi unitari
7	DOCUMENTO	A06	Computo metrico estimativo
8	DOCUMENTO	A07	Quadro economico con l'indicazione dei costi della sicurezza
Elenco tavole			
9	PLANIMETRIA GENERALE	R01	Planimetria generale
10	RILIEVO SEZ VERT	R02	Sezioni
11	INTERVENTI	I01	Collegamenti per miglioramenti sismici
12	INTERVENTI	I02	Rinforzi con fasciature
13	INTERVENTI	I03	Ripristino giunti
14	INTERVENTI	I04	Ripristini superficiali

Cassina de' Pecchi, 20 dicembre 2020

COMUNE DI BERGAMO

Area: Politiche del Territorio

Direzione: Strade, Servizi a Rete e Opere Idrauliche

Servizio: Strade e Parcheggi

Via Quarenghi, 33/35

24100 Bergamo

**INTERVENTO STRAORDINARIO
DI SISTEMAZIONE DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE
2° LOTTO**

Progetto Definitivo

CUP H17H17000330004 - CIG 8461833D78

A01 - RELAZIONE GENERALE

DICEMBRE 2020

prof. ing. Lorenzo Jurina (CAPOGRUPPO)

Quartiere Aurelia, 29 - 20051 Cassina de' Pecchi (MI)

tel: 02.95.29.91.67

Ordine Ingegneri di Milano n. 10893

studio.jurina@jurina.it

ing. arch. Andrea Antonio Bassoli

via Rimini, 23 - 20142 Milano

tel: +39 328.83.92.917

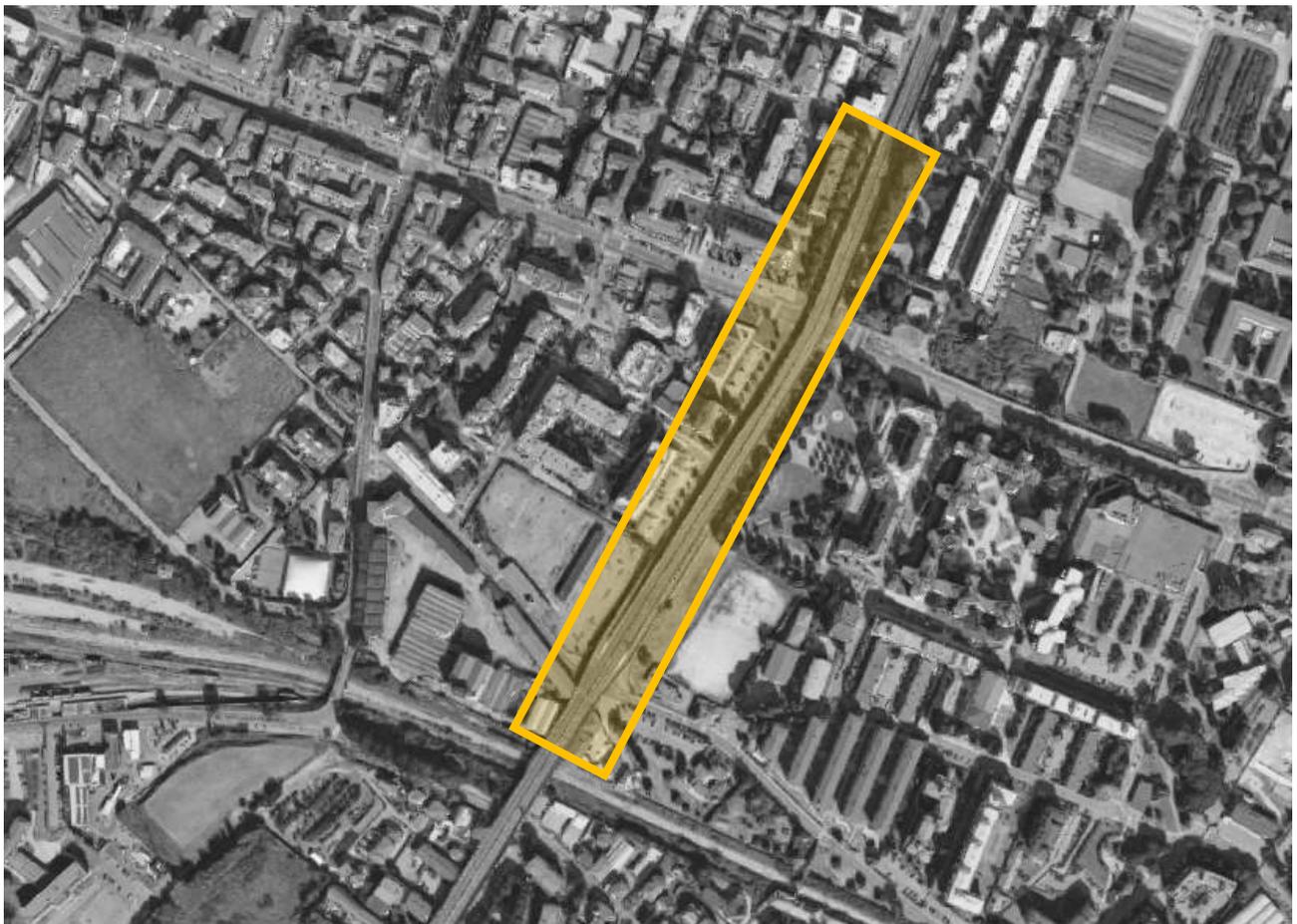
Ordine Ingegneri di Milano n. A27178

Ordine Architetti di Milano n. 19216

andrea.bassoli@gmail.com

La presente relazione illustra le opere progettate per il ripristino di una parte del viadotto di Boccaleone a Bergamo, in particolare il tratto di cui si prevedono le opere è quello compreso tra le vie traverse P. Rovelli e Trieste.

Le opere progettate rientrano nell'"Intervento straordinario di sistemazione del viadotto di Boccaleone - 2° lotto", (CUP) H17H17000330004, e riguardano la progettazione definitiva ed esecutiva delle opere necessarie al ripristino degli elementi in c.a., delle opere necessarie a rispondere alle sollecitazioni sismiche e alle opere necessarie alla realizzazione di nuovi giunti di dilatazione tra le campate, oltre al ripristino del sistema di smaltimento delle acque meteoriche. Inoltre si presenteranno gli elaborati redatti ai fini del coordinamento sicurezza in fase di progettazione e della prestazione accessoria relativa all'esecuzione di rilievo planoaltometrico.



Vista satellitare del cavalcavia Boccaleone con evidenziata l'area di interesse degli interventi

RILIEVO

Il primo approfondimento conoscitivo eseguito è stato il rilievo geometrico del manufatto e il riconoscimento e mappatura dei degradi presenti. Il rilievo geometrico, condotto con la tecnica laserscanner e dei fotoraddrizzamenti, ha fornito le piante e le sezioni utili per la redazione del progetto. Il rilievo del degrado è stato condotto mediante osservazione diretta.

Il rilievo è stato organizzato per poter rilevare e restituire la planimetria della grotta e della limitrofa zona con identificate le quote altimetriche dei vari elementi.

I risultati del rilievo con strumentazione laserscanner ha permesso la restituzione in CAD 2D di elaborati grafici e fotografie in alta risoluzione, in particolare sono stati restituiti planoaltimetrie quotate e sezioni anche con l'ausilio di Ortofoto.

Inoltre la strumentazione laser scanner Leica permette lo sviluppo di file Leica TruView in formato html che permettono la navigazione 3D all'interno della nuvola di punti acquisita con la possibilità di eseguire misurazioni di distanze in coordinate XYZ e strumenti di annotazione e commento. File leggibili con Internet Explorer + Plug-in TruView gratuitamente fornito dal produttore.

INTERVENTI PREVISTI

Gli interventi previsti sono stati progettati sulla base delle informazioni geometriche acquisite, dei degradi osservati e delle informazioni di caratterizzazione dei materiali desunte dalle relazioni diagnostiche a cura di R.teknos s.r.l. e a firma degli ing. Pier Paolo Rossi e ing. Christian Rossi e delle verifiche strutturali condotte.

In particolare le relazioni diagnostiche consultate sono:

- Indagini diagnostiche sulle strutture in c.a. del viadotto di Boccaleone in Bergamo – Relazione Tecnica del 30/01/2017
- Indagini diagnostiche sulle strutture in c.a. del viadotto di Boccaleone in Bergamo – ANALISI STRUTTURALE – Viadotto Boccaleone: Via G. Rosa – Via Boccaleone del 30/01/2017



Relazione di indagini: copertina e contenuti storici

Gli interventi previsti sono volti al ripristino del viadotto e si possono riassumere secondo l'elenco di seguito riportato:

- Ripristino e risanamento del c.a. dei telai e delle travi degli impalcati:
 - o Battitura ed eliminazione delle parti di calcestruzzo decoese o in fase di distacco,
 - o Passivazione delle armature esposte,
 - o Ripristino mediante integrazione delle lacune del calcestruzzo;
- Realizzazione di nuovi giunti di dilatazione tra le campate:
 - o Rimozione dei giunti esistenti,
 - o Posa di nuovi giunti;
- Ripristino del sistema di smaltimento delle acque meteoriche:
 - o Rimozione delle caditoie e dei canali esistenti;

- Posa di nuovi elementi di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche;
- Messa in opera di elementi volti a contrastare le azioni sismiche:
 - Posa di elementi di collegamento tra le coppie di telai affiancati, in modo da realizzare un vincolo tale da rendere globale la risposta della struttura alle azioni sismiche e tali da impedire l'effetto martellamento. Gli elementi collegamento saranno realizzati in parte con diaframmi in c.a. che vadano parzialmente a riempire le distanze libere tra i telai e in parte con fasciature in materiali compositi in fibre di acciaio in matrice tixotropica.

Nella relazione tecnico-specialistica vengono meglio descritti gli interventi elencati.

Cassina de' Pecchi, 20 dicembre 2020

COMUNE DI BERGAMO
Area: Politiche del Territorio
Direzione: Strade, Servizi a Rete e Opere Idrauliche
Servizio: Strade e Parcheggi
Via Quarenghi, 33/35
24100 Bergamo

**INTERVENTO STRAORDINARIO
DI SISTEMAZIONE DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE
2° LOTTO**

Progetto Definitivo
CUP H17H17000330004 - CIG 8461833D78

A02 - RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA

DICEMBRE 2020

prof. ing. Lorenzo Jurina (CAPOGRUPPO)
Quartiere Aurelia, 29 - 20051 Cassina de' Pecchi (MI)
tel: 02.95.29.91.67
Ordine Ingegneri di Milano n. 10893
studio.jurina@jurina.it

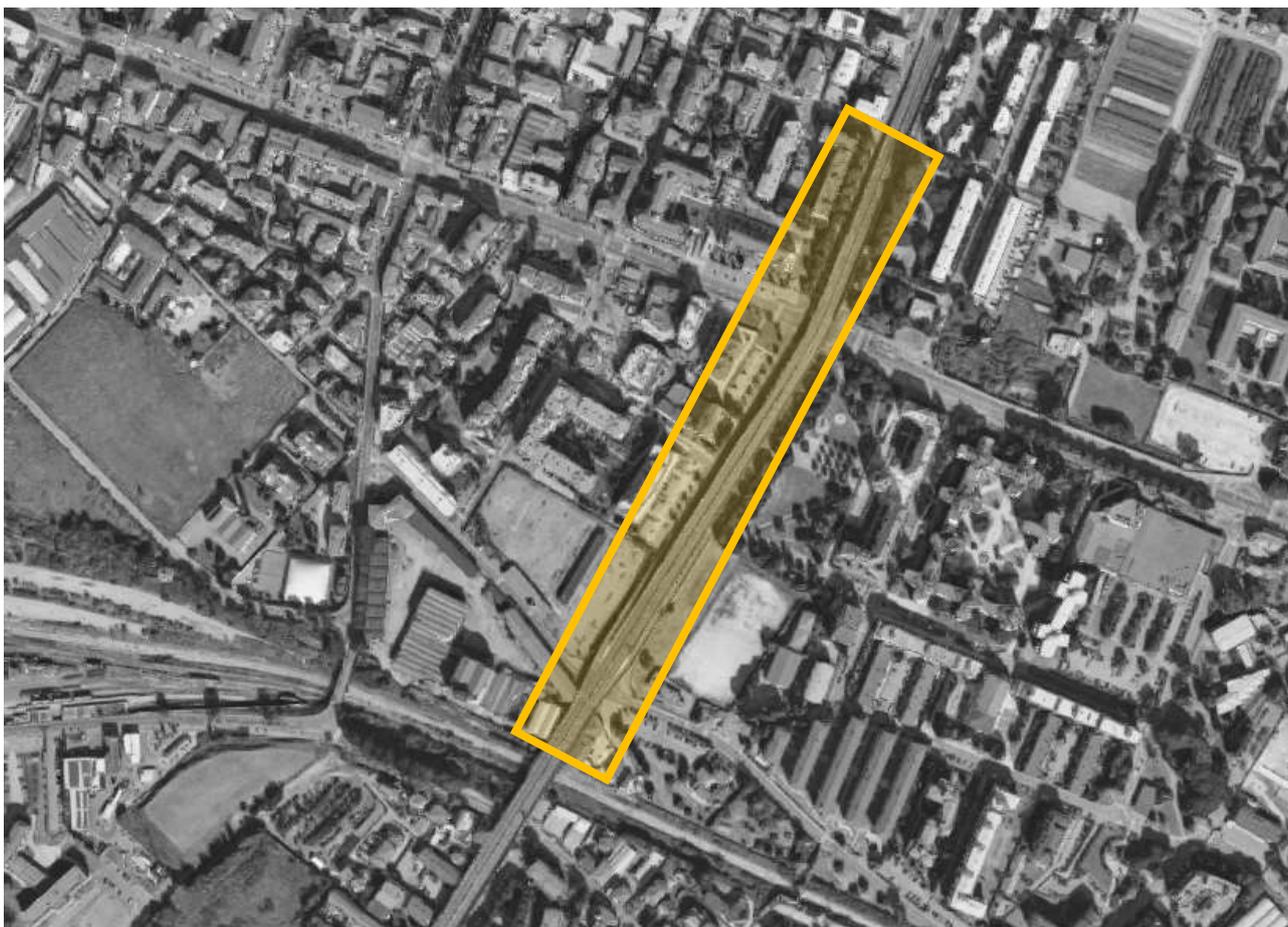
ing. arch. Andrea Antonio Bassoli
via Rimini, 23 - 20142 Milano
tel: +39 328.83.92.917
Ordine Ingegneri di Milano n. A27178
Ordine Architetti di Milano n. 19216
andrea.bassoli@gmail.com

La presente relazione illustra le opere progettate per il ripristino di una parte del viadotto di Boccaleone a Bergamo, in particolare il tratto di cui si prevedono le opere è quello compreso tra le vie traverse P. Rovelli e Trieste.

Le opere progettate rientrano nell'"Intervento straordinario di sistemazione del viadotto di Boccaleone - 2° lotto", (CUP) H17H17000330004, e riguardano la progettazione definitiva ed esecutiva delle opere necessarie al ripristino degli elementi in c.a., delle opere necessarie a rispondere alle sollecitazioni sismiche e alle opere necessarie alla realizzazione di nuovi giunti di dilatazione tra le campate, oltre al ripristino del sistema di smaltimento delle acque meteoriche.

Gli interventi previsti, descritti nei prossimi paragrafi, sono volti al ripristino del viadotto e si possono riassumere secondo l'elenco di seguito riportato:

- Ripristino e risanamento del c.a. delle pile, dei pulvini e delle travi degli impalcati:
 - o Battitura ed eliminazione delle parti di calcestruzzo decoese o in fase di distacco,
 - o Passivazione delle armature esposte,
 - o Ripristino mediante integrazione delle lacune del calcestruzzo;
- Realizzazione di nuovi giunti di dilatazione tra le campate:
 - o Rimozione dei giunti sottopavimentazione esistenti,
 - o Posa di nuovi giunti sottopavimentazione;
- Ripristino del sistema di smaltimento delle acque meteoriche:
 - o Rimozione delle caditoie e dei canali esistenti;
 - o Posa di nuovi elementi di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche;
- Messa in opera di elementi volti a contrastare le azioni sismiche:
 - o Posa di elementi di collegamento tra le coppie di telai affiancati, in modo da realizzare un vincolo tale da rendere globale la risposta della struttura alle azioni sismiche e tali da impedire l'effetto martellamento. Gli elementi collegamento saranno realizzati in parte con diaframmi in c.a. che vadano parzialmente a riempire le distanze libere tra i telai e in parte con fasciature in materiali compositi in fibre di acciaio in matrice tixotropica.



Vista satellitare del cavalcavia Boccaleone con evidenziata l'area di interesse degli interventi

RIPRISTINO E RISANAMENTO DEL C.A. DELLE PILE, DEI PULVINI E DELLE TRAVI DEGLI IMPALCATI.

L'intervento prevede il ripristino dei calcestruzzi delle strutture principali, in particolare della parte intradossale del viadotto, dove si interverrà con le adeguate lavorazioni atte ad eliminare i degradi presenti e reintegrare il calcestruzzo.

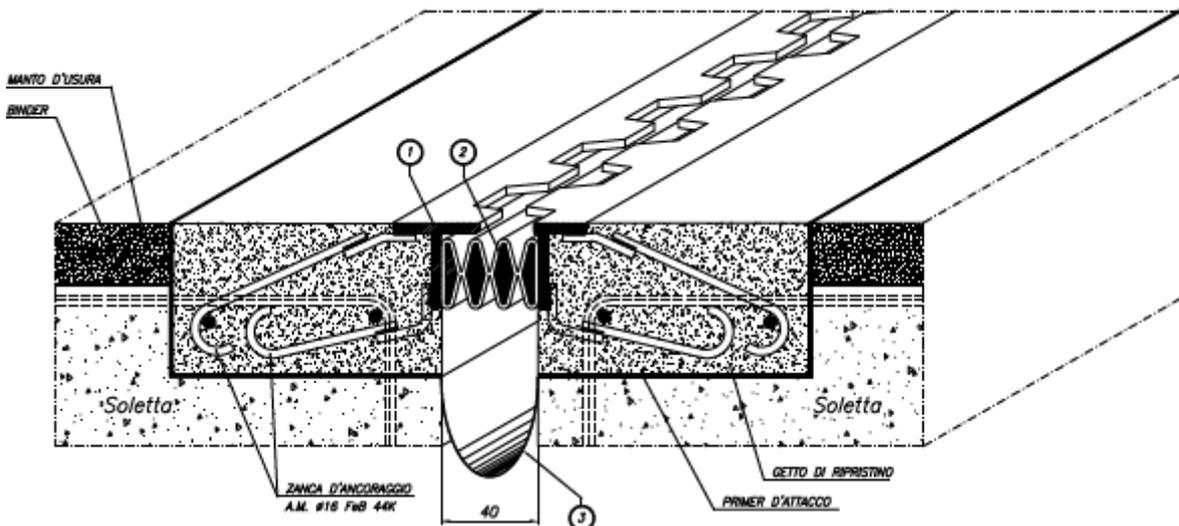
Le lavorazioni prevedono:

- La battitura di tutte le superfici per la rimozione delle parti decoese e della parti in fase di distacco;
- Idrolavaggio delle superfici a media pressione per rimuovere sporco ed eventuali residui;
- Idrosabbatura delle porzioni più degradate per ravvivare la superficie del calcestruzzo;
- Pretrattamento delle superfici in cls nelle zone più degradate con resine acrilico-viniliche in modo da garantire l'adesione tra i getti vecchi e quelli nuovi di ripristino;
- Passivazione delle armature esposte;
- Integrazione delle lacune nelle zone degradate con malte fibrorinforzate;
- Applicazione di primer silossanico antisale;
- Applicazione di pittura di fondo;
- Applicazione di pittura di finitura poliuretanica fluorurata bi componente a solvente.

REALIZZAZIONE DI NUOVI GIUNTI DI DILATAZIONE TRA LE CAMPATE

Lo stato attuale del viadotto presenta dei giunti di dilatazione fortemente degradati. Lo stato di conservazione dei giunti è desumibile dalle copiose infiltrazioni che si possono vedere nella parte inferiore degli impalcati.

I nuovi giunti sono stati previsti complanari con pavimentazione, in continuità con le opere realizzate nel lotto 1, i cui risultati ottenuti sono stati ritenuti molto soddisfacenti.



Esempio di giunto "sotto pavimentazione"

La realizzazione dei nuovi giunti prevede:

- la demolizione dei giunti esistenti, ovvero il taglio della pavimentazione e l'asportazione del giunto, compresa di pulizia del supporto e dell'eventuale ripristino dei bordi del supporto in preparazione della posa dei nuovi elementi;
- la realizzazione dei nuovi giunti, compresa la posa del giunto, ancorato alla struttura e la chiusura di completamento a livello del piano stradale.

RIPRISTINO DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

I degni osservati sono riconducibili principalmente al degrado funzionale del sistema di raccolta delle acque meteoriche, oltre al degrado dei giunti, con descritto al paragrafo precedente.

Le opere progettate prevedono la sostituzione della parte terminale del sistema di raccolta delle acque, infatti si è riscontrato la parziale otturazione delle griglie di raccolta delle acque e la vetustà degli elementi non ne consente il recupero.

Il progetto prevede quindi la rimozione delle griglie e delle attuali bocchette di raccolta e la realizzazione di un nuovo alloggiamento utile alla posa dei nuovi elementi di raccolta e alla posa delle tubazioni di collegamento fino a terra. Nel progetto sono comprese anche le sostituzioni ed integrazioni degli elementi di raccolta delle acque convogliate dai nuovi giunti sui fianchi del viadotto.

MESSA IN OPERA DI ELEMENTI VOLTI A CONTRASTARE LE AZIONI SISMICHE

Le verifiche sismiche condotte hanno portato alla necessità di prevedere degli elementi di collegamento tra le coppie di telai, in modo da realizzare un vincolo tale da rendere globale la risposta della struttura alle azioni sismiche e tali da impedire l'effetto martellamento.

L'elemento progettato per rendere effettivo tale collegamento è un setto in c.a. di riempimento, solidare e collaborante con le strutture esistenti, coadiuvato da fasciature in materiale composito in fibra di acciaio e matrice tixotropica.

Cassina de' Pecchi, 20 dicembre 2020

INTERVENTI PREVISTI

Nella relazione tecnico-specialistica vengono meglio descritti gli interventi elencati.

Cassina de' Pecchi, 20 dicembre 2017

COMUNE DI BERGAMO

Area: Politiche del Territorio

Direzione: Strade, Servizi a Rete e Opere Idrauliche

Servizio: Strade e Parcheggi

Via Quarenghi, 33/35

24100 Bergamo

**INTERVENTO STRAORDINARIO
DI SISTEMAZIONE DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE
2° LOTTO**

Progetto Definitivo

CUP H17H17000330004 - CIG 8461833D78

A03 - CALCOLI DELLE STRUTTURE

DICEMBRE 2020

prof. ing. Lorenzo Jurina (CAPOGRUPPO)

Quartiere Aurelia, 29 - 20051 Cassina de' Pecchi (MI)

tel: 02.95.29.91.67

Ordine Ingegneri di Milano n. 10893

studio.jurina@jurina.it

ing. arch. Andrea Antonio Bassoli

via Rimini, 23 - 20142 Milano

tel: +39 328.83.92.917

Ordine Ingegneri di Milano n. A27178

Ordine Architetti di Milano n. 19216

andrea.bassoli@gmail.com

Sommario

1. GENERALITA'	4
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
3. MATERIALI	6
4. ANALISI DEI CARICHI	12
5. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI PER I CARICHI DA PONTE (MASSONNET)	26
6. VERIFICHE STATICHE	44
7. MODELLAZIONE A ELEMENTI FINITI: VERIFICHE SISMICHE	65
8. VERIFICHE DEL COLLEGAMENTO TRA I PULVINI	75
9. CONCLUSIONI	80

1. GENERALITA'

Nella presente relazione si analizzano le strutture di elevazione costituenti il viadotto Boccaleone situato sulla circonvallazione di Bergamo.



Fig. 1 – Planimetria generale con individuazione dell'opera nel contesto planimetrico

Le caratteristiche del viadotto sono state desunte dai seguenti documenti:

- Relazione "Indagini Diagnostiche sulle Strutture in c.a. del viadotto di Boccaleone in Bergamo – allegato 1" datata 30/01/2017 prodotta dallo studio R. tekno s.r.l.;
- Relazione "Indagini Diagnostiche sulle Strutture in c.a. del viadotto di Boccaleone in Bergamo – allegato 3" datata 30/01/2017 prodotta dallo studio R. tekno s.r.l.;

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le verifiche e i calcoli degli elementi strutturali sono stati elaborati in conformità ed in osservanza delle seguenti normative, avendo adottato il metodo degli stati limiti:

- **Legge 5 novembre 1971, n°1086:** *“Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.”*
- **D.P.R. del 6 giugno 2001, n. 380:** *“Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.”*
- **D.M. 17 gennaio 2018,** *“Aggiornamento Nuove norme tecniche per le costruzioni NTC2018”.*
- **Circolare Consiglio Superiore dei LL.PP. del 11 febbraio 2019** *“Circolare Esplicativa delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018”.*
- **D.M. 14 gennaio 2008,** *“Nuove norme tecniche per le costruzioni NTC2008”.*
- **Circolare Consiglio Superiore dei LL.PP. del 2 febbraio 2009, n.617,** *“Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.*
- *“Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008.”* del 10 febbraio 2011.
- **UNI ENV 1992-1-1 (EC2)** – *“Eurocodice 2. Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici.”*
- **UNI ENV 1993-1-1 (EC3)** – *“Eurocodice 3. Progettazione di strutture in acciaio - Regole generali e regole per gli edifici”.*
- **D.M. LL.PP. 9 gennaio 1996,** *“Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”.*
- **Circolare Ministero LL.PP del 15/10/1996 n° 252:** *“Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 09/01/1996”.*
- Norme Tecniche **UNI EN 206-1/2006:** *“Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.*
- Norme Tecniche **UNI EN 11104/2004:** *“Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.*
- **CNR-DT 200 R1/2013**_versione del 15 maggio 2014: *“Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati - Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie”.*

3. MATERIALI

3.1 MATERIALI STRUTTURE ESISTENTI

Secondo quanto previsto dalle normative di riferimento (Allegato A alle NTC2008 e Direttiva per la valutazione e la riduzione del rischio sismico), la determinazione delle proprietà meccaniche dei materiali, per le verifiche alle azioni statiche e dinamiche, deve tenere in conto del Livello di Conoscenza raggiunto del manufatto.

In relazione al livello di conoscenza del manufatto (Direttiva – §4), è stato calcolato il **fattore di confidenza F_c** (Direttiva – §4.2).

Tale valore è stato ottenuto attraverso l’assegnazione dei fattori di confidenza parziali (F_{ck} , con $k=1, 2, 3, 4$) riportati in Tabella 4.1 della Direttiva, associati alle quattro categorie d’indagine ed al livello di approfondimento in esse raggiunto.

Per l’edificio in oggetto, sulla base delle indagini diagnostiche effettuate nel 2017 Relazione *“Indagini Diagnostiche sulle Strutture in c.a. del viadotto di Boccaleone in Bergamo – allegato 1”*, è stato assunto il seguente fattore di confidenza:

$$F_c = 1 + \sum_{k=1}^4 F_{ck} = 1,00$$

Infatti le norme citano.....*“Di regola, a meno che non ostino condizioni particolari, il livello di conoscenza da perseguire nel caso dei ponti esistenti è quello massimo, cui corrisponde un fattore di confidenza $FC=1$. Le prescrizioni di cui sopra si riferiscono alle strutture di sostegno degli impalcati, ossia a pile e spalle. Per quanto riguarda gli impalcati, qualunque sia la loro tipologia (c.a., c.a.p., struttura mista), è sufficiente la verifica del loro buono stato di conservazione, anche senza rilevazioni sperimentali, se ritenute non necessarie dal progettista.”*

Secondo quanto riportato nella circolare delle NTC2008, nel caso di analisi elastica con il fattore di struttura “q” (analisi lineare statica ed analisi dinamica modale con coefficiente di struttura), i valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza e per i coefficienti parziali di sicurezza dei materiali.

Materiali da cemento armato

Sulla base delle informazioni ricavate dalle prove diagnostiche sui calcestruzzi, è possibile ottenere i seguenti valori:

$f_{cm} = 56,06 \text{ N/mm}^2$ ricavato dalle prove di laboratorio a compressione sulle carote estratte dai pulvini e pile del cavalcavia in oggetto.

Viadotto B1 (tratto Via G. Rosa, Via Boccaleone) - pulvini

Campione	data prelievo	data prova	D [mm]	H [mm]	umidità	Carico [kN]	Rapporto H/D	Resistenza [N/mm ²]	Massa vol. [kg/m ³]	Rck [N/mm ²]
C1	07/12/2016	16/12/2016	74	74	Asciutto	264.1	1.0	61.4	2357.0	61.4
C2	07/12/2016	16/12/2016	74	74	Asciutto	273.4	1.0	63.6	2388.0	63.6
C3	07/12/2016	16/12/2016	74	73	Asciutto	251.2	1.0	58.4	2344.0	58.4
C4	07/12/2016	16/12/2016	74	75	Asciutto	188.1	1.0	43.7	2362.0	43.7
C5	07/12/2016	16/12/2016	74	75	Asciutto	241.7	1.0	56.2	2359.0	56.2
C6	07/12/2016	16/12/2016	74	73	Asciutto	263.9	1.0	61.4	2421.0	61.4
C7	07/12/2016	16/12/2016	74	75	Asciutto	262.0	1.0	60.9	2338.0	60.9
C8	07/12/2016	16/12/2016	74	72	Asciutto	172.4	1.0	40.1	2386.0	40.1

Viadotto B1 (tratto Via G. Rosa, Via Boccaleone) - pile

Campione	data prelievo	data prova	D [mm]	H [mm]	umidità	Carico [kN]	Rapporto H/D	Resistenza [N/mm ²]	Massa vol. [kg/m ³]	Rck [N/mm ²]
C9	12/12/2016	16/12/2016	74	72	Asciutto	255.6	1.0	59.4	2425.0	59.4
C10	12/12/2016	16/12/2016	74	72	Asciutto	238.7	1.0	55.5	2374.0	55.5

A favore di sicurezza, si assume una classe di calcestruzzo C35/45 caratterizzato dai seguenti valori caratteristici delle tensioni:

$$R_{ck} = 45,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 37,35 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} = 40.249 \text{ N/mm}^2$$

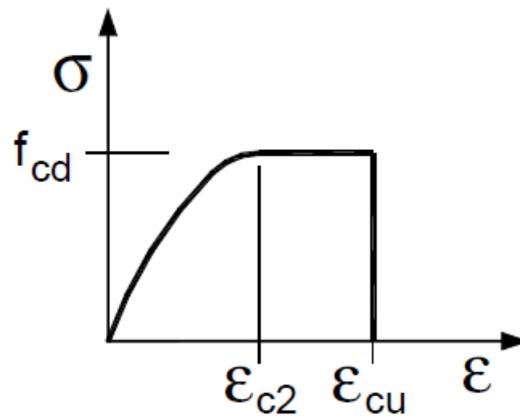
Data l'età di costruzione dell'opera (anni '60 e '70) gli effetti della viscosità si considerano già esauriti.

Si ottengono pertanto:

$$f_{cd} = R_{ck} \cdot 0,83 / \gamma_{FC} / \gamma_c = 45,00 \cdot 0,83 / 1,00 / 1,50 = 24,90 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 40.249 \text{ MPa}$$

Legge costitutiva parabola rettangolo



Limite tratto parabolico $\epsilon_{c2} = 0,20\%$

Accorciamento ultimo a flessione $\epsilon_{cu} = 0,35\%$

In accordo con le NTC, per sezioni o parti di sezioni soggette a distribuzioni di tensione di compressione approssimativamente uniformi, si assume per la deformazione ultima a rottura il valore ϵ_{c2} anziché ϵ_{cu} , e pertanto ne deriva:

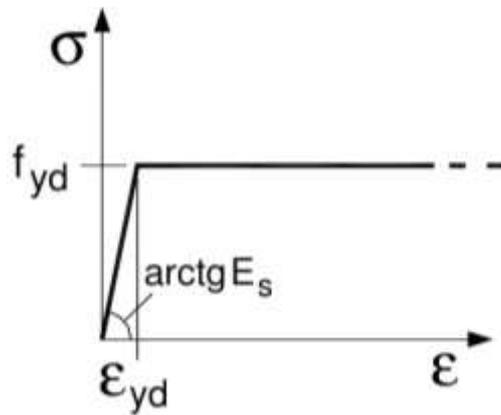
Accorciamento ultimo a compressione $\epsilon_{cu} = 0,20\%$

Acciaio ad aderenza migliorata **FeB44k** (raddoppio anni '70) caratterizzato dai seguenti valori caratteristici delle tensioni:

Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	= 540 N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	= 430 N/mm ²
Modulo di elasticità	E	= 210000 N/mm ²

Legge costitutiva

elastico-perfettamente plastico indefinito



allungamento a snervamento

$$\epsilon_{yd} = 0,2\%$$

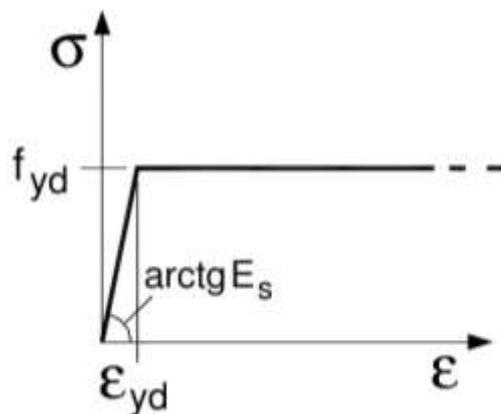
Considerando l'applicazione dei coefficienti parziali dei materiali e del fattore di confidenza F_c come definito al paragrafo precedente, si ha la seguente tensione di snervamento di progetto $f_{yk}/F_c/\gamma_s = f_{yd} = 430/1,00/1,15 = 373,91 \text{ N/mm}^2$

Acciaio ad aderenza migliorata LU.3 RUMI 4400 (1ª fase anni '60) caratterizzato dai seguenti valori caratteristici delle tensioni:

Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	= 600 N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	= 440 N/mm ²
Modulo di elasticità	E	= 200000 N/mm ²

Legge costitutiva

elastico-perfettamente plastico indefinito



allungamento a snervamento

$$\epsilon_{yd} = 0,2\%$$

Considerando l'applicazione dei coefficienti parziali dei materiali e del fattore di confidenza F_c come definito al paragrafo precedente, si ha la seguente tensione di snervamento di progetto $f_{yk}/F_c/\gamma_s = f_{yd} = 440/1,00/1,15 = 382,61 \text{ N/mm}^2$

Nelle verifiche seguenti si utilizzeranno i parametri dell'acciaio FeB44k in quanto risultano leggermente inferiori

3.2 MATERIALI NUOVE STRUTTURE

Acciaio per carpenteria metallica: classe S355

Tensione di rottura	f_{tk}	= 510 N/mm ²
Tensione di snervamento	f_{yk}	= 355 N/mm ²
Resistenza di progetto		
$f_d = f_{yk}/\gamma_M$ con $\gamma_M = 1,05$	f_d	= 338 N/mm ²
Modulo elastico	E	= 210000 N/mm ²
Coefficiente dilatazione termica	α	= 12x10 ⁻⁶ °C ⁻¹

Saldature

Le saldature saranno a completa penetrazione di 1^a classe ed a cordoni d'angolo, con profondità di gola pari a 0,70 dello spessore minimo da saldare, in accordo con quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2008.

Bulloni di classe 8.8 ad alta resistenza

Tensione di rottura	f_{tb}	= 800 N/mm ²
Tensione di snervamento	f_{yb}	= 649 N/mm ²
Resistenza di progetto a trazione		
$f_{t,Rd} = 0,90 \times f_{tb} / \gamma_{M2}$ con $\gamma_{M2} = 1,25$	$f_{t,Rd}$	= 576 N/mm ²
Resistenza di progetto a taglio		
$f_{v,Rd} = 0,60 \times f_{tb} / \gamma_{M2}$ con $\gamma_{M2} = 1,25$	$f_{v,Rd}$	= 384 N/mm ²

Calcestruzzo fibrorinforzato: C32/40

Resistenza cubica	$R_{ck} = 40.00 \text{ N/mm}^2$
Resistenza cilindrica	$f_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione:	XF4 Cond. Amb. Aggressive
Copriferro	45 mm
Rapporto massimo a/c	0.45
Contenuto minimo di cemento	340 kg/mc
Classe di consistenza	S4

Acciaio di qualità Y 1050 per barre Dywidaq 26 WR

Malta da inghisaggio per barre Dywidaq
(tipo "Kerabuild" o equivalente)

Malta da inghisaggio per tasselli: ancorante chimico vinilestere ibrido
(tipo "Fischer FIS V 410 C" o equivalente)

4. ANALISI DEI CARICHI

CARICHI PERMANENTI

Si riassumono di seguito i valori dei carichi e sovraccarichi riportati nella relazione “INDAGINI DIAGNOSTICHE SULLE STRUTTURE IN C.A. DEL VIADOTTO DI BOCCAIONE IN BERGAMO – Analisi strutturale” datata 30/01/2017 parte integrante della campagna diagnostica a disposizione dello scrivente.

Pesi propri

Il valore del peso proprio delle strutture viene valutato assumendo un peso specifico $\gamma_c=25,00$ kN/m³.

Si considera la seguente sezione trasversale dell’impalcato di larghezza pari a 9,25 m su cui agiscono i carichi di seguito esplicitati:

$$q_{\text{soletta}} = 25,00 \times 0,17 = 4,25 \text{ kN/m}^2$$

Sovraccarichi permanenti

Si considera la seguente sezione trasversale dell’impalcato di larghezza pari a 9,25 m su cui agiscono i carichi di seguito esplicitati:

$q_{\text{marc}} = 25,00 \times 0,25 = 6,25 \text{ kN/m}^2$	peso dei marciapiedi
$q_{\text{stad}} = 2,20 \text{ kN/m}^2$	peso della massicciata stradale
$q_{\text{barriera}} = 1,50 \text{ kN/m}$	peso del guardrail
$q_{\text{NJ}} = 5,00 \text{ kN/m}$	peso ½ New Jersey
$q_{\text{parapetto}} = 1,00 \text{ kN/m}$	peso del parapetto bordo ponte

CARICHI MOBILI

Come previsto dalla normativa vigente, si dispongono sull’impalcato **due colonne** di carico di larghezza convenzionale pari a 3,00 m composte dagli schemi di carico per i ponti di 1^a categoria disposti nel modo da massimizzare le caratteristiche della sollecitazione nell’impalcato.

Secondo la normativa vigente,

“Il numero delle colonne di carichi mobili da considerare nel calcolo dei ponti di 1^a e 2^a Categoria è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata, comprese le eventuali banchine di rispetto e per sosta di emergenza, nonché gli eventuali marciapiedi non protetti e di altezza inferiore a 20 cm, tenuto conto che la larghezza di ingombro convenzionale è stabilita per ciascuna colonna in 3,00 m.”

Nel caso in oggetto la larghezza della sede stradale che compone la singola carreggiata è pari 7,00 m. Il numero delle corsie convenzionali è pari a $7,00/3,00 = 2,33$ cioè a 2 colonne di carico **intere**, chiamate anche corsie convenzionali.

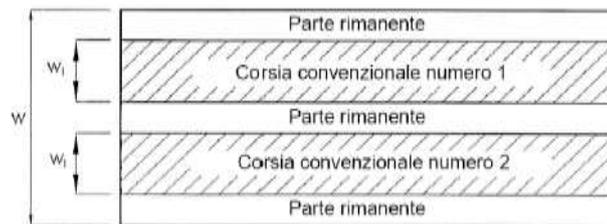


Figura 5.1.1 – Esempio di numerazione delle corsie

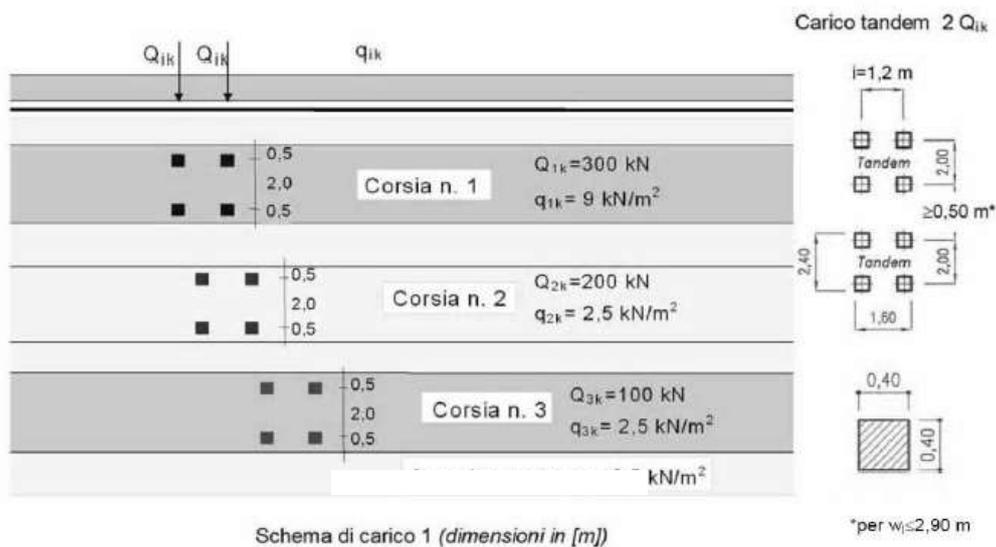
Tabella 5.1.I - Numero e Larghezza delle corsie

Larghezza di carreggiata "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40$ m	$n_i = 1$	3,00	$(w-3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0$ m	$n_i = 2$	$w/2$	0
$6,0 \text{ m} \leq w$	$n_i = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_i)$

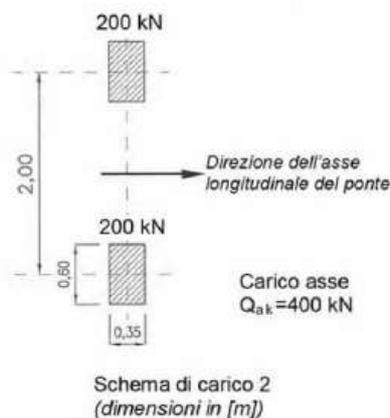
La disposizione e la numerazione delle corsie va determinata in modo da indurre le più sfavorevoli condizioni di progetto. Per ogni singola verifica il numero di corsie da considerare caricate, la loro disposizione sulla carreggiata e la loro numerazione vanno scelte in modo che gli effetti della disposizione dei carichi risultino i più sfavorevoli.

Per il ponte in oggetto, le azioni variabili del traffico, comprehensive degli effetti dinamici, sono definite dai seguenti Schemi di Carico:

Schema di Carico 1: è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come mostrato in fig. seguente. Questo schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem va considerato per intero.



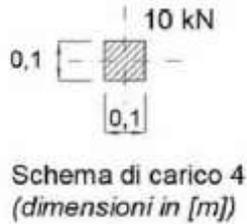
Schema di Carico 2: è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m, come mostrato in fig. seguente. Questo schema va considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa ed è da assumere a riferimento solo per verifiche locali. Qualora sia più gravoso si considererà il peso di una singola ruota di 200 kN.



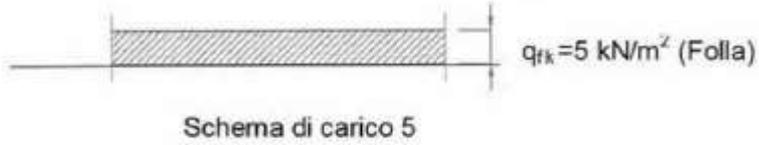
Nel progetto dell'impalcato deve essere considerata una condizione di carico eccezionale nella quale alla forza orizzontale d'urto su sicurvia si associa un carico verticale isolato sulla sede stradale costituito dal Secondo Schema di Carico, posizionato in adiacenza al sicurvia stesso e disposto nella posizione più gravosa.

Schema di Carico 3: è costituito da un carico isolato da 150kN con impronta quadrata di lato 0,40m. Si utilizza per verifiche locali su marciapiedi non protetti da sicurvia.

Schema di Carico 4: è costituito da un carico isolato da 10 kN con impronta quadrata di lato 0,10m. Si utilizza per verifiche locali su marciapiedi protetti da sicurvia.



Schema di Carico 5: costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 5,0 kN/m². Il valore di combinazione è invece di 2,5 kN/m². Il carico folla deve essere applicato su tutte le zone significative della superficie di influenza.



Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione: q_3

La forza di frenamento o di accelerazione q_3 è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1 ed è uguale a:

$$q_3 = 0,6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0,10 \times q_{1k} \times w_l \times L = 0,6 \times (2 \times 300) + 0,10 \times 9,00 \times 3,00 \times 21,10 = 416,97 \text{ kN}$$

16

La forza, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata e include gli effetti di interazione.

Azioni di Neve, Vento: q_s

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte e/o diretto nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni dei suoi elementi (ad es. le pile). Tale azione si considera agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite

La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

Il carico neve si considera non concomitante con i carichi da traffico.

Azione del Vento

Per la zona considerata si sono utilizzati i seguenti parametri di calcolo: zona 1, altezza inferiore a 255 m s.l.m., distanza dal mare superiore ai 30 Km, classe di rugosità B, categoria IV:

$$p = q_b \times C_e \times C_p \times C_d$$

dove:

$$q_b = 1/2 \times \rho \times v_b^2 = 390,6 \text{ N/m}^2$$

$$c_d = 1,0$$

c_e = coefficiente di esposizione

c_p = coefficiente aerodinamico

Il carico da vento è quindi pari a:

$$q_{\text{vento}} = 0,818 \times c_p \text{ kN/m}^2 \quad (\text{per } z = 8,00 \text{ m } c_e = 1,64)$$

Il coefficiente c_p , risulta essere:

- per elementi sopravento (cioè direttamente investiti dal vento), con inclinazione sull'orizzontale $\alpha \geq 60^\circ$, $c_{pe} = + 0,80$;
- per elementi sottovento (intendendo come tali quelli non direttamente investiti dal vento o quelli investiti da vento radente) $c_{pe} = - 0,4$

Azioni sismiche q_6

Per la determinazione degli effetti di tali azioni si farà di regola riferimento alle sole masse corrispondenti ai pesi propri ed ai sovraccarichi permanenti, considerando nullo il valore quasi permanente delle masse corrispondenti ai carichi da traffico.

Per ponti in zona urbana soggetti a traffico intenso si dovrà considerare un valore non nullo di dette masse; si assumerà per i carichi dovuti al transito dei mezzi:

$$\Psi_{2j} = 0,20$$

Azione del Sisma

Di seguito si riportano le pagine del foglio di calcolo in excel SPETTRI-NTC fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per l'analisi dell'edificio.

I passaggi per la determinazione dell'azione sismica di progetto sono:

- fase 1: individuazione della pericolosità del sito;
- fase 2: scelta della strategia di progettazione;
- fase 3: determinazione dell'azione di progetto.

Fase 1: individuazione della pericolosità del sito

La zona dove è ubicato l'edificio in oggetto, Comune di Bergamo (BG), presenta le seguenti coordinate topografiche in gradi decimali: longitudine 9,688971 e latitudine 45,689542.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Fase 2: scelta della strategia di progettazione

La vita nominale V_N della struttura in oggetto è pari a:

$V_N = 100$ anni

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Il valore del coefficiente d'uso è pari a **2,00** per **classe d'uso IV** ossia per *“Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.”*

Vita nominale V_N [anni]	100
Classe d'uso [-]	IV
Vita di riferimento V_R [anni]	200

Parametri per il calcolo dell'azione sismica

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU {

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione

Stato	Strategia ordinaria (□)	Strategia scelta (□)
SLO	120	120
SLD	201	201
SLV	1898	1898
SLC	2475	2475

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Per la stima del valore dell'accelerazione di riferimento del sito a_g , le NTC2008 hanno adottato i valori di pericolosità definiti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per l'intero territorio nazionale su un reticolo di lato pari a circa 5 km. Nell'Allegato A alle NTC2008 (D.M. 14 gennaio 2008) sono fornite le indicazioni necessarie per ottenere i parametri dell'azione sismica per una generica coordinata geografica ed un generico periodo di ritorno. Nella tabella seguente sono riportati i valori di a_g , F_0 e T_c^* per il sito in esame associati agli Stati Limiti Ultimi (SLC e SLV) e agli Stati Limite d'Esercizio (SLD e SLO):

	SLO	SLD	SLC	SLV
T_R [anni]	120	201	1898	2475
a_g [g]	0,025	0,030	0,050	0,052
F_0 [-]	2,544	2,580	2,732	2,757
T_c^* [s]	0,221	0,239	0,325	0,332

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguiti con riferimento ai soli SLU, in particolare rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV).

Fase 3: determinazione dell'azione di progetto

Si assume una categoria del suolo C ed una categoria topografica T1.

Fattore di struttura

Come da normativa, il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \times K_R$$

dove:

q_0 è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α_u/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;

K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

I valori massimi del fattore di struttura q_0 per l'azione sismica sono riportati in Tab.7.9.I:

Tabella 7.9.I – Valori di q_0 .

Tipi di elementi duttili	q_0	
	CD"B"	CD"A"
Pile in cemento armato		
Pile verticali inflesse	1,5	3,5 λ
Elementi di sostegno inclinati inflessi	1,2	2,1 λ
Pile in acciaio:		
Pile verticali inflesse	1,5	3,5
Elementi di sostegno inclinati inflessi	1,2	2,0
Pile con controventi concentrici	1,5	2,5
Pile con controventi eccentrici	-	3,5
Spalle rigidamente connesse con l'impalcato		
In generale	1,5	1,5
Strutture che si muovono col terreno ⁷	1,0	1,0
Archi	1,2	2,0

Il ponte risulta essere regolare in altezza

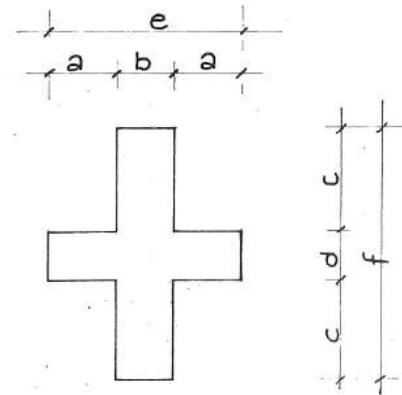
Per gli elementi duttili in calcestruzzo armato, i valori di q_0 della Tab. 7.9.I valgono se la sollecitazione di compressione normalizzata v_k , ottenuta dividendo lo sforzo di calcolo N_{Ed} per la resistenza a compressione semplice della sezione ($v_k = N_{Ed}/(A_c \times f_{ck})$), non eccede il valore 0,3.

Per il caso in oggetto si ha:

$$N = N_{pp} + N_{perm} + \Psi_{2j} \times N_{acc.mezzi} = 1.973 + 492 + 0,20 \times 1.647 = 2.794,40 \text{ kN}$$

Verifica a presso flessione deviata:

SEZIONE	e (cm)	200
	f (cm)	260 lungo asse pulvino
	a (cm)	70
	b (cm)	60
	c (cm)	105
	d (cm)	50



$$A_c = f \times b + 2 \times a \times d = 2.260.000 \text{ mm}^2$$

$$f_{ck} = 37,35 \text{ N/mm}^2$$

$$v_k = 2.794.400 / (2.260.000 \times 37,35) = 0,033 < 0,30$$

Analisi statica lineare

Per la struttura in oggetto, il requisito necessario per applicare l'analisi statica lineare può ritenersi soddisfatto nel caso seguente:

a) per entrambe le direzioni longitudinale e trasversale, in ponti a travate semplicemente appoggiate e purché la massa efficace di ciascuna pila non sia superiore ad 1/5 della massa di impalcato da essa portata;

$$\text{massa pila} = 315 \text{ kN}$$

$$\text{massa impalcato} = 1.658 + 492 + 0,20 \times 1.647 = 2.479,40 \text{ kN}$$

$$\text{massa impalcato}/5 = 495,88 \text{ kN} > 315 \text{ kN} \quad \text{verificata}$$

La massa M , da considerare concentrata in corrispondenza dell'impalcato ed in base alla quale valutare la forza F equivalente all'azione sismica, vale rispettivamente:

- la massa di impalcato afferente alla pila, più la massa della metà superiore della pila, nel caso **a)**.

Il periodo fondamentale T_1 in corrispondenza del quale valutare la risposta spettrale in accelerazione $S_d(T_1)$ è dato dall'espressione:

$$T_1 = 2 \pi \sqrt{M/K}$$

nella quale K è la rigidità laterale del modello considerato, ossia della singola pila nel caso **a)**.

Per il caso in oggetto si ha:

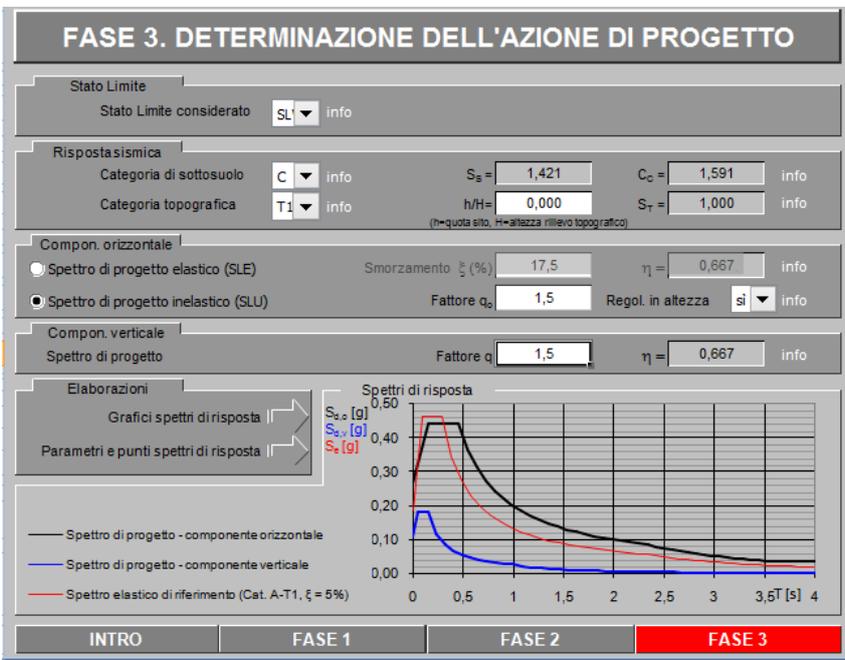
$$M = (2.479,40 + 315/2) \times 100/g = 26.880 \text{ Kg}_{\text{massa}}$$

$$K = E_c I_{\text{trasv}} = 35.957.652 \text{ kNm}^2$$

$$T_1 = 2 \pi \sqrt{(26.880/35.957.652)} = 0,1718 \text{ s}$$

Si riportano di seguito i parametri di input e lo spettro di risposta di progetto impiegati nella analisi sismica dell'edificio allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

Spettro per SLV



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale perSLV

Parametri indipendenti	
STATOLIMITE	SLV
α	0,100 *
β	2,400 *
T_{01}	0,204 *
S_{01}	1,421
γ_{01}	1,551
S_{02}	1,000
q	1,500

Parametri dipendenti	
S	1,421
η	0,657
T_{02}	0,451 *
T_{03}	0,452 *
T_{04}	2,504 *

Espressioni dei parametri dipendenti

$s = S_1 \cdot S_2$ [HTC-08 E₁, 3.2.3]
 $\eta = \sqrt{0,01 + 0,05 \cdot \eta_0} \cdot \eta_0$ [HTC-08 E₁, 3.2.4; 3.2.3.3]
 $T_{02} = T_{01} / 3$ [HTC-07 E₁, 3.2.8]
 $T_{03} = C_0 \cdot T_{02}$ [HTC-07 E₁, 3.2.7]
 $T_{04} = 4,0 \cdot \eta_0 / \alpha + 1,6$ [HTC-07 E₁, 3.2.5]

Espressioni dello spettro di risposta [HTC-08 E₁, 3.2.4]

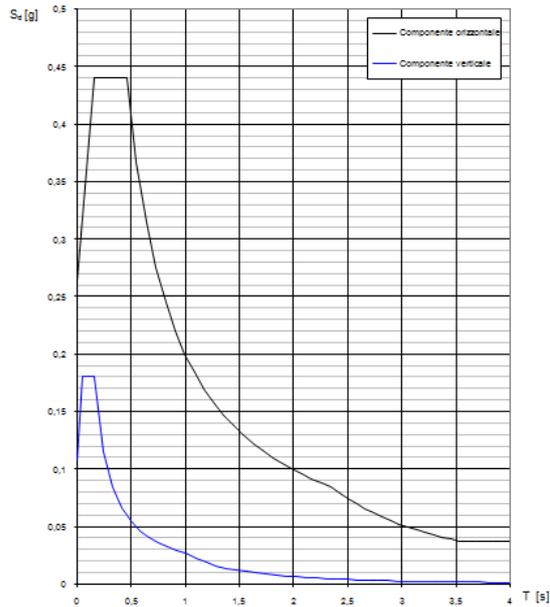
$0 \leq T < T_{01}$ $S_d(T) = \alpha_1 \cdot S \cdot \eta \cdot F_d \left[\frac{T}{T_{01}} + 1 - \left(\frac{T}{T_{01}} \right)^2 \right]$
 $T_{01} \leq T < T_{02}$ $S_d(T) = \alpha_1 \cdot S \cdot \eta \cdot F_d$
 $T_{02} \leq T < T_{03}$ $S_d(T) = \alpha_1 \cdot S \cdot \eta \cdot F_d \left(\frac{T_{02}}{T} \right)$
 $T_{03} \leq T$ $S_d(T) = \alpha_1 \cdot S \cdot \eta \cdot F_d \left(\frac{T_{02} \cdot T_{03}}{T} \right)$

Lo spettro di risposta $S_d(T)$ per lo scivolo agli SLV di Limite Minimo è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_d(T)$ moltiplicando per α_1 , dove α_1 è il fattore di scivolo. [HTC-08 E₁, 3.2.5]

Punti dello spettro di risposta

	T_{01}	S_{d01}
T_{01}	0,100	0,254
T_{02}	0,333	0,400
T_{03}	0,452	0,400
T_{04}	0,542	0,357
	0,632	0,315
	0,722	0,275
	0,812	0,245
	0,902	0,220
	0,992	0,200
	1,082	0,184
	1,173	0,170
	1,263	0,158
	1,353	0,147
	1,443	0,138
	1,533	0,130
	1,623	0,123
	1,713	0,116
	1,803	0,110
	1,893	0,105
	1,984	0,100
	2,074	0,095
	2,164	0,092
	2,254	0,088
	2,344	0,085
	2,433	0,083
	2,522	0,081
	2,611	0,079
	2,700	0,077
	2,789	0,075
	2,878	0,073
	2,967	0,071
	3,056	0,070
	3,145	0,069
	3,234	0,068
	3,323	0,067
	3,412	0,067
	3,501	0,067
	3,590	0,067

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV



Determinazione della massa sismica

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$\Sigma(G_{ki}) + \Sigma(\Psi_{2i} \times Q_{ik})$

- coefficiente moltiplicativo del carico da traffico veicolare: $\Psi_{2i} = 0,2$
- coefficiente moltiplicativo del carico accidentale neve: $\Psi_{2i} = 0,0$

Le masse degli elementi strutturali e dei sovraccarichi permanenti vengono considerate con coefficiente moltiplicativo pari a 1,00.

Resistenze passive dei vincoli: q_7

Nel calcolo delle pile, delle spalle, delle fondazioni, degli stessi apparecchi di appoggio e, se del caso, dell'impalcato, si devono considerare le forze che derivano dalle resistenze parassite dei vincoli.

Nel caso di appoggi in gomma dette forze andranno valutate sulla base delle caratteristiche dell'appoggio e degli spostamenti previsti.

5. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI PER I CARICHI DA PONTE (MASSONNET)

L'impalcato da ponte, nella sua espressione più generale, è costituito da un numero di travi collegate superiormente con una soletta continua e, eventualmente, con delle travi trasversali.

La teoria del Massonnet, teoria largamente impiegata nel calcolo dei ponti, consente di schematizzare l'impalcato da ponte come una piastra ortotropa e ripartire i carichi trasversalmente tra le diverse travi attraverso parametri che tengono in conto della deformabilità longitudinale e trasversale.

La ripartizione trasversale utilizzata nella relazione *“Indagini Diagnostiche sulle Strutture in c.a. del viadotto di Boccaleone in Bergamo – allegato 2”* considera uno schema di carico di trave in continuità su appoggi fissi (cerniere a terra) trascurando quindi la deformabilità, trasversale e longitudinale, delle travi d'impalcato. I carichi vengono “richiamati” dai vincoli fissi (infinitamente rigidi) immediatamente vicini ai punti di applicazione **non** favorendo quindi la collaborazione trasversale con effetto piastra.

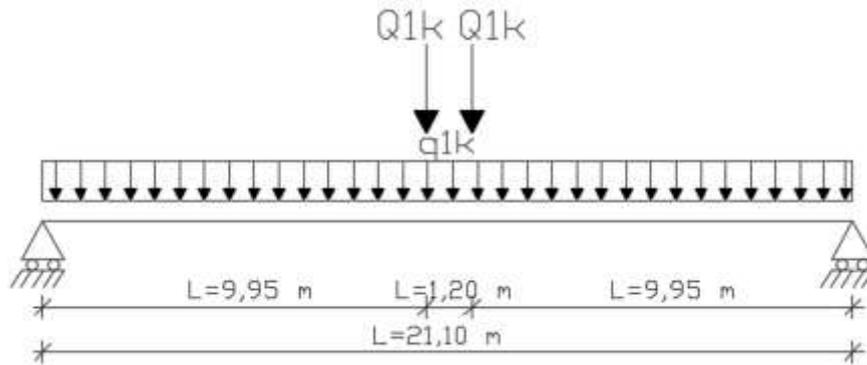
Il presente documento farà riferimento alla ripartizione trasversale tra le travi utilizzando la teoria del Massonnet.

Una volta ricavati i coefficienti di ripartizione trasversale tra le strutture, sono stati inseriti nel modello FEM i carichi longitudinali di competenza delle varie travi dell'impalcato.

5.1 Calcolo delle sollecitazioni massime

I carichi distribuiti equivalenti flettente e tagliante (comprensivi dell'effetto dinamico) per le due colonne di carico vengono di seguito calcolati.

1^a colonna di carico – massimizzazione momento flettente:



dove, per una larghezza della colonna pari a 3,00 m, si ha:

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN}$$

$$q_{1k} = 9 \times 3,00 = 27,00 \text{ kN/m}$$

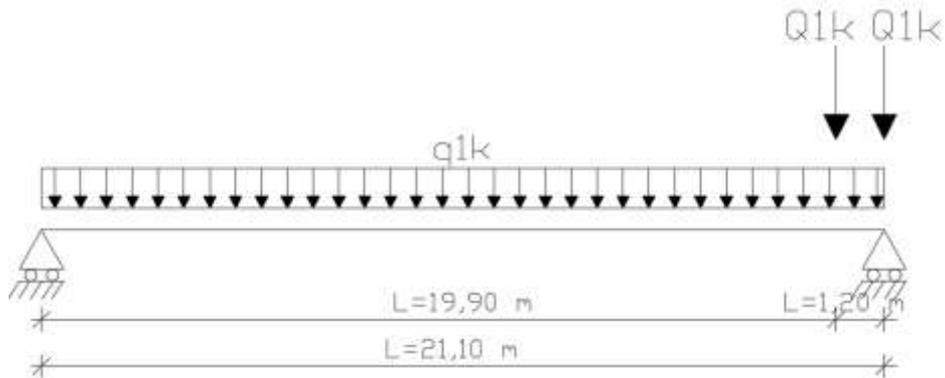
Il momento massimo in mezzeria in esercizio è pari a:

$$M_{1a} = (27,00 \times 21,10 / 2 + 300) \times 21,10 / 2 - (27,00 \times 10,55^2 / 2) - 300 \times 0,60 = 4487,58 \text{ kNm}$$

A tale momento corrisponde un carico equivalente flessionale uniformemente distribuito pari a:

$$q_{1aeq}^{flex} = M_{1a} \times 8 / L^2 = 4487,58 \times 8 / 21,10^2 = 80,64 \text{ kN/m}$$

1ª colonna di carico – massimizzazione taglio:



dove, per una larghezza della colonna pari a 3,00 m, si ha:

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN}$$

$$q_{1k} = 9 \times 3,00 = 27,00 \text{ kN/m}$$

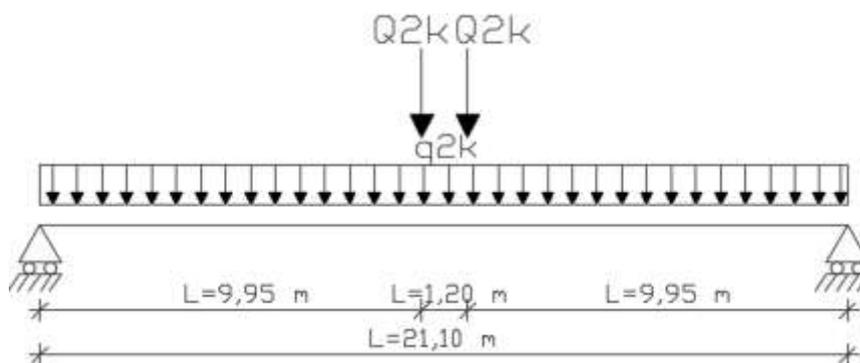
Il taglio massimo in esercizio è pari a:

$$V_{1a} = (27,00 \times 21,10 / 2 + 300 \times 19,90 / 21,10 + 300) = 867,79 \text{ kN}$$

A tale momento corrisponde un carico equivalente tagliante uniformemente distribuito pari a:

$$q_{1aeq}^{tagl} = V_{1a} \times 2 / L = 867,79 \times 2 / 21,10 = 82,25 \text{ kN/m}$$

2ª colonna di carico – massimizzazione momento flettente:



dove, per una larghezza della colonna pari a 3,00 m, si ha:

$$Q_{2k} = 200 \text{ kN}$$

$$Q_{2k} = 2,5 \times 3,00 = 7,50 \text{ kN/m}$$

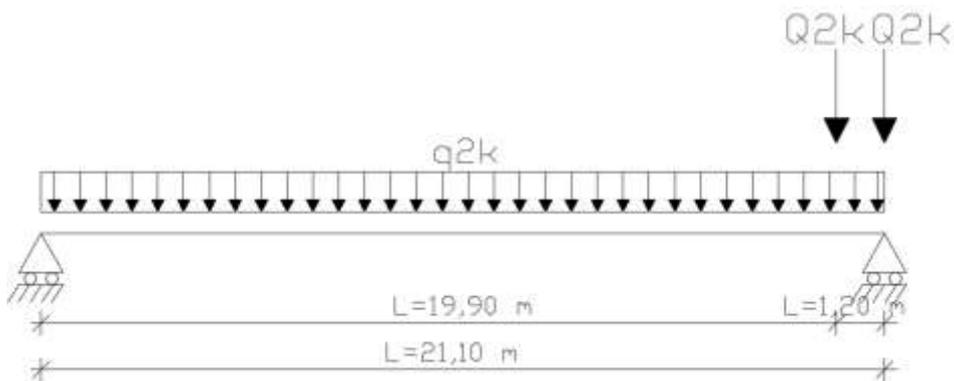
Il momento massimo in mezzeria in esercizio è pari a:

$$M_{2a} = (7,50 \times 21,10 / 2 + 200) \times 21,10 / 2 - (7,50 \times 10,55^2 / 2) - 200 \times 0,60 = 2347,38 \text{ kNm}$$

A tale momento corrisponde un carico equivalente flessionale uniformemente distribuito pari a:

$$q_{2aeq}^{flex} = M_{2a} \times 8 / L^2 = 2347,38 \times 8 / 21,10^2 = 42,18 \text{ kN/m}$$

2ª colonna di carico – massimizzazione taglio:



dove, per una larghezza della colonna pari a 3,00 m, si ha:

$$Q_{2k} = 200 \text{ kN}$$

$$Q_{2k} = 2,5 \times 3,00 = 7,50 \text{ kN/m}$$

Il taglio massimo in esercizio è pari a:

$$V_{2a} = (7,50 \times 21,10 / 2 + 200 \times 19,90 / 21,10 + 200) = 467,75 \text{ kN}$$

A tale momento corrisponde un carico equivalente tagliante uniformemente distribuito pari a:

$$q_{2aeq}^{tagl} = V_{2a} \times 2 / L = 467,75 \times 2 / 21,10 = 44,34 \text{ kN/m}$$

5.2 Combinazioni delle azioni di base

Le combinazioni di carico da considerare ai fini delle verifiche devono essere stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al capitolo 2 delle nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC08). Per quanto riguarda gli stati limite ultimi dovremo effettuare le seguenti verifiche:

- Combinazione fondamentale

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{K1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{K2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{K3} + \dots$$

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si dovranno considerare le seguenti combinazioni:

Tabella 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla carreggiata					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q ₃	Forza centrifuga q ₄	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m ²
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti di 3^a categoria
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Estratto NTC08 p.to 5.1.3.12 – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Si arriva quindi a determinare le seguenti combinazioni di carico, con i coefficienti parziali di sicurezza γ e i coefficienti ψ ricavati rispettivamente dalle tabelle 5.1.V e 5.1.VI estratte dalle NTC08 al p.to 5.1.3.12, di seguito riportate.

Combinazione 1

$$1,35 \cdot G_1 + 1,50 \cdot G_2 + 1 \cdot P + 1,35 \cdot Q_{K1}(q1_schema1) + 1,35 \cdot 0,40 \cdot Q_{K2}(q1_schemas) + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{K3}(q5_vento)$$

Combinazione 2a

$$1,35 \cdot G_1 + 1,50 \cdot G_2 + 1 \cdot P + 1,35 \cdot 0,75 \cdot Q_{K1}(q1_tandem) + 1,35 \cdot 0,40 \cdot Q_{K2}(q1_distribuito) + 1,35 \cdot q_3 + 1,5 \cdot 0,40 \cdot Q_{K3}(q5_vento)$$

Combinazione 2b

$$1,35 \cdot G_1 + 1,50 \cdot G_2 + 1 \cdot P + 1,35 \cdot 0,75 \cdot Q_{K1}(q1_tandem) + 1,35 \cdot 0,40 \cdot Q_{K2}(q1_distribuito) + 1,5 \cdot 0,40 \cdot Q_{K3}(q5_vento)$$

Combinazione vento

$$1,35 \cdot G_1 + 1,50 \cdot G_2 + 1 \cdot P + 1,5 \cdot Q_{K3}(q5_vento)$$

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolge i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Estratto NTC08 p.to 5.1.3.12 – Coeff. parziali di sicurezza per combinazioni agli SLU.

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente Ψ_0 di combinazione	Coefficiente Ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente Ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
5	0,0	0,0	0,0	
Vento q_s	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_s	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

Estratto NTC08 p.to 5.1.3.12 – Coeff. per azioni variabili per ponti stradali e pedonali.

5.3 Ripartizione trasversale dei carichi

L'impalcato viene realizzato con 10 travi in semplice appoggio collaboranti tra loro grazie all'azione dei 3 traversi e della soletta (di cui 2 agli appoggi e 1 in mezzeria).

Esso si presenta quindi come una lastra appoggiata sui lati opposti e che presenta una forte ortotropia.

Per la ricerca delle sollecitazioni nei vari elementi componenti l'impalcato si ricorre al metodo di Massonnet che permette, mediante l'ausilio di opportuni coefficienti, di risolvere la ripartizione dei carichi e conoscere le sollecitazioni.

Il metodo di Massonnet considera l'impalcato reale come una lastra rettangolare di larghezza teorica

$$2 \times B = n \times i$$

con $n = \text{numero travi} = 10$

$i = \text{interasse medio travi} = 92,5 \text{ cm}$

$B = \text{semilarghezza impalcato} = 462,5 \text{ cm}$

e lunghezza pari alla luce di calcolo; il metodo tiene conto della differente deformabilità' della lastra in senso longitudinale e in senso trasversale.

5.3.1 Parametri di calcolo

Luce di calcolo **travi principali**: $L = 21.100 \text{ mm}$

Così come descritto nel progetto originale, si riporta di seguito la sezione della trave principale in c.a..

Le proprietà della trave con soletta collaborante ($sp = 170 \text{ mm}$) sono:

$A = 265.880 \text{ mm}^2$	area della sezione con soletta
$J_p = 44.718.510.000 \text{ mm}^4$	momento inerzia flessionale con soletta
$J_{tp} = 2.498.000.000 \text{ mm}^4$	momento inerzia torsionale con soletta

Luce di calcolo **traversi**: $L = 9.000 \text{ mm}$

La sezione dei traversi è di sezione rettangolare di base pari a 30 cm e altezza pari a 92cm.

Le proprietà del traverso con soletta collaborante ($b = 170 \text{ mm}$) sono:

$A = 560.580 \text{ mm}^2$	area della sezione con soletta
$J_e = 61.770.000.000 \text{ mm}^4$	momento inerzia flessionale con soletta
$J_{te} = 11.090.000.000 \text{ mm}^4$	momento inerzia torsionale con soletta

L'inerzia flessionale media longitudinale è:

$$\rho_p = E_p \times J_p / i_p = 40249 \times 44.718.510.000 / 925 = 1,946 \times 10^{12} \text{ N/mm}$$

L'inerzia flessionale media trasversale è:

$$\rho_e = E_e \times J_e / i_e = 40249 \times 61.770.000.000 / 21100 = 1,178 \times 10^{11} \text{ N/mm}$$

L'inerzia torsionale media longitudinale è:

$$\gamma_p = G_p \times J_{tp} / i_p = 0,4 \times 40249 \times 2.498.000.000 / 925 = 4,348 \times 10^{10} \text{ N/mm}$$

L'inerzia torsionale media trasversale è:

$$\gamma_e = G_e \times J_{te} / i_e = 0,4 \times 40249 \times 11.090.000.000 / 21100 = 8,462 \times 10^9 \text{ N/mm}$$

Il parametro di torsione è:

$$\alpha = (\gamma_p + \gamma_e) / [2 \times (\rho_p \times \rho_e)^{0,5}] = 0,054237$$

quindi $\alpha^{0,5} = 0,232887$

Il parametro di irrigidimento è:

$$\theta = (B/L) \times (\rho_p / \rho_e)^{0,25} = 0,44 \rightarrow \text{si arrotonda per difetto e si assume } \theta = 0,40$$

I parametri K_α e μ_α risultano essere:

$$K_\alpha = K_0 + (K_1 - K_0) \times \alpha^{0,5} = 0,767113 \times K_0 + 0,232887 \times K_1$$

$$\mu_\alpha = \mu_0 + (\mu_1 - \mu_0) \times \alpha^{0,5} = 0,767113 \times \mu_0 + 0,232887 \times \mu_1$$

5.4 Flessione nelle travi

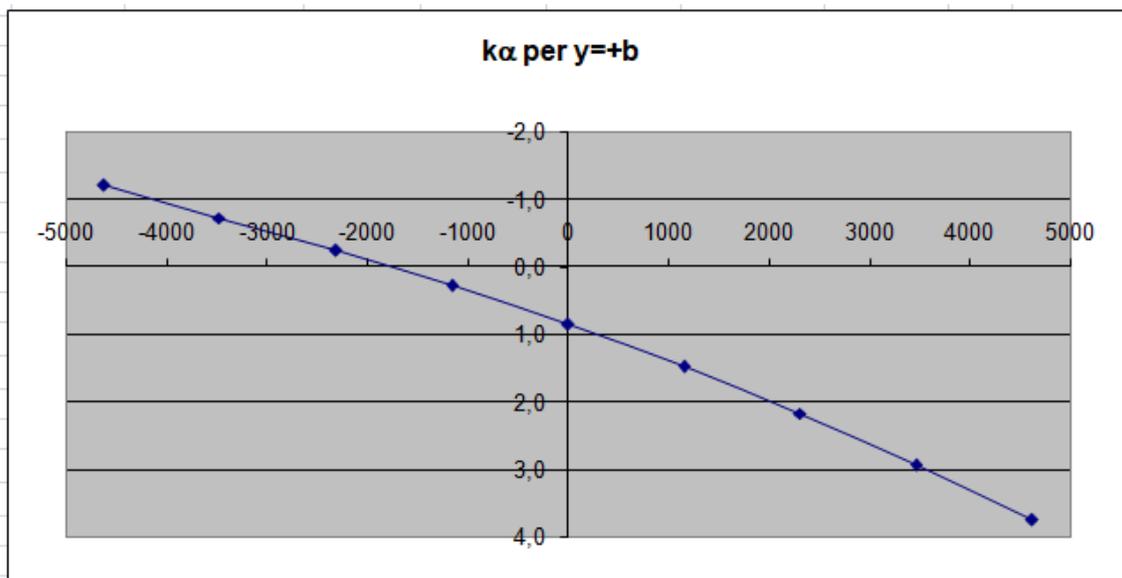
Di seguito si riportano alcuni esempi di applicazione del metodo per la ripartizione trasversale.

Trave di bordo $y = +b$

I coefficienti del Massonnet per la trave più esterna (posta a $y = +b$) risultano essere i seguenti (per $\theta = 0,40$ ed $\alpha^{0,5} = 0,232887$):

posizione del carico:	K_0	K_1	K_α
$y = -b = -4625$ mm	-1,7381	0,5148	-1,2134
$y = -3/4b = -3468,75$ mm	-1,1286	0,5903	-0,7283
$y = -b/2 = -2312,5$ mm	-0,5106	0,6778	-0,2338
$y = -b/4 = -1156,25$ mm	0,1337	0,7862	0,2857
$y = 0 = 0$ mm	0,8273	0,9220	0,8494
$y = +b/4 = 1156,25$ mm	1,5916	1,0893	1,4746
$y = +b/2 = 2312,5$ mm	2,4400	1,2893	2,1720
$y = +3/4b = 3468,75$ mm	3,3702	1,5188	2,9390
$y = +b = 4625$ mm	4,3560	1,7680	3,7533

La linea di influenza di K_α è riportata nella figura seguente.



I valori di K_α in corrispondenza delle due colonne di carico risultano essere (interpolando linearmente):

$$K_{\alpha 1} (\text{carico a } y = + 0 \text{ mm}) = +0,8494$$

$$K_{\alpha 2} (\text{carico a } y = + 3000 \text{ mm}) = +2,6281$$

$$K_{\alpha 3} (\text{folla a } y = -3700 \text{ mm}) = -0,8253$$

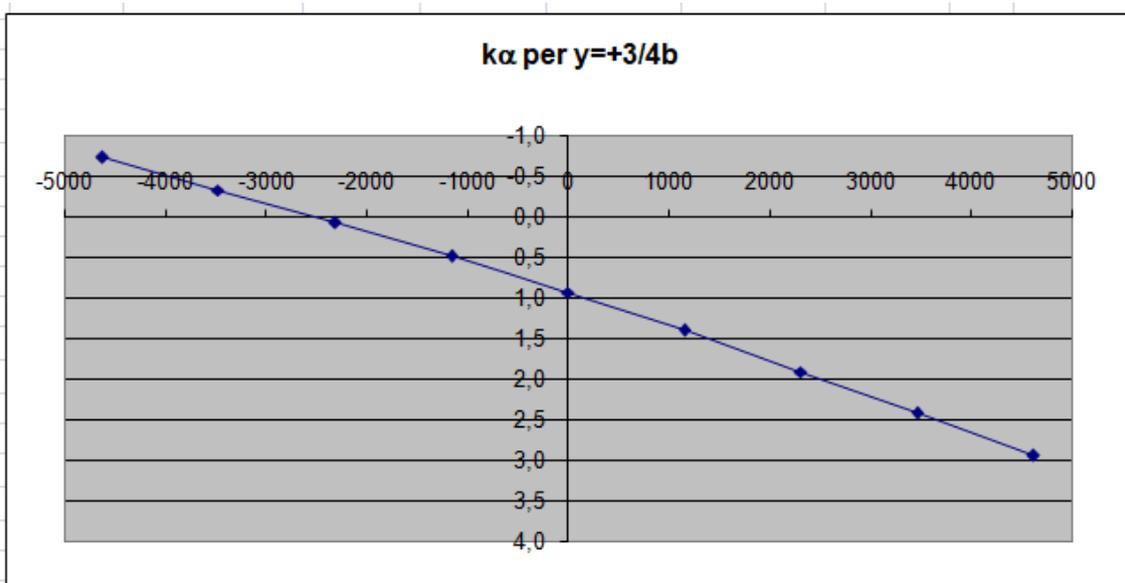
Entrambe le colonne di carico concorrono ad aumentare le sollecitazioni della trave più esterna dell'impalcato. Il contributo favorevole fornito dalla folla verrà trascurato.

Trave di bordo $y = +3/4b$

I coefficienti del Massonnet per la trave più esterna (posta a $y = +3/4b$) risultano essere i seguenti (per $\theta = 0,40$ ed $\alpha^{0,5} = 0,232887$):

posizione del carico:	K_0	K_1	K_α
$y = -b = -4625$ mm	-1,1286	0,5903	-0,7283
$y = -3/4b = -3468,75$ mm	-0,6344	0,6613	-0,3326
$y = -b/2 = -2312,5$ mm	-0,1350	0,7429	0,0695
$y = -b/4 = -1156,25$ mm	0,3801	0,8420	0,4877
$y = 0 = 0$ mm	0,9225	0,9613	0,9315
$y = +b/4 = 1156,25$ mm	1,5005	1,0994	1,4071
$y = +b/2 = 2312,5$ mm	2,1128	1,2489	1,9102
$y = +3/4b = 3468,75$ mm	3,7438	1,3940	2,4294
$y = +b = 4625$ mm	3,3702	1,5188	2,9390

La linea di influenza di K_α è riportata nella figura seguente.



I valori di K_α in corrispondenza delle due colonne di carico risultano essere (interpolando linearmente):

$$K_{\alpha 1} (\text{carico a } y = + 0 \text{ mm}) = +0,9315$$

$$K_{\alpha 2} (\text{carico a } y = + 3000 \text{ mm}) = +2,2189$$

$$K_{\alpha 3} (\text{folla a } y = -3700 \text{ mm}) = -0,4117$$

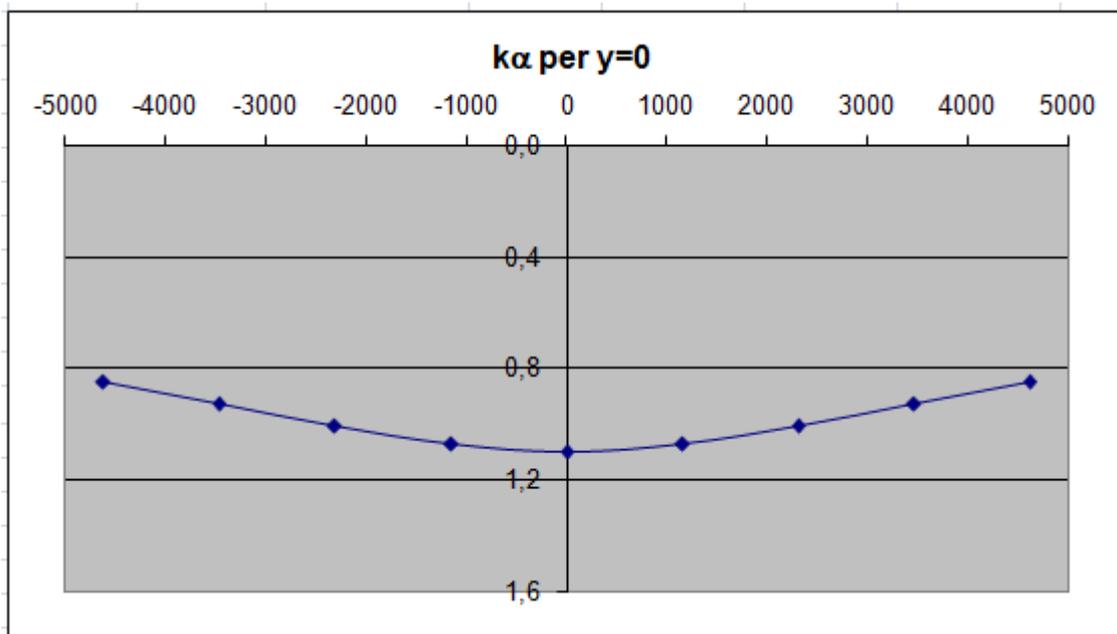
Entrambe le colonne di carico concorrono ad aumentare le sollecitazioni della trave più esterna dell'impalcato. Il contributo favorevole fornito dalla folla verrà trascurato.

Trave centrale

Si verificano anche i coefficienti K_α per la trave posta a $y = 0$. Per tale trave si ha (per $\theta = 0,40$ ed $\alpha^{0,5} = 0,232887$):

posizione del carico:	K_0	K_1	K_α
$y = -b = -4625$ mm	0,8273	0,9220	0,8494
$y = -3/4b = -3468,75$ mm	0,9225	0,9613	0,9315
$y = -b/2 = -2312,5$ mm	1,0129	1,0031	1,0106
$y = -b/4 = -1156,25$ mm	1,0851	1,0414	1,0749
$y = 0 = 0$ mm	1,1160	1,0601	1,1030
$y = +b/4 = 1156,25$ mm	1,0851	1,0414	1,0749
$y = +b/2 = 2312,5$ mm	1,0129	1,0031	1,0106
$y = +3/4b = 3468,75$ mm	0,9225	0,9613	0,9315
$y = +b = 4625$ mm	0,8273	0,9220	0,8494

La linea di influenza di K_α è riportata nella figura seguente.



I valori di K_α in corrispondenza delle due colonne di carico risultano essere (interpolando linearmente):

$$K_{\alpha 1} (\text{carico a } y = + 0 \text{ mm}) = 1,1030$$

$$K_{\alpha 2} (\text{carico a } y = + 3000 \text{ mm}) = 0,9636$$

$$K_{\alpha 3} (\text{folla a } y = -3700 \text{ mm}) = 0,9151$$

Entrambe le colonne di carico e il carico da folla concorrono ad aumentare le sollecitazioni della trave più esterna dell'impalcato.

I valori di K_α in corrispondenza della posizione delle travi vengono calcolati interpolando linearmente.

5.5 Modellazione FEM

Le valutazioni delle sollecitazioni agenti sui differenti elementi strutturali sono state ricavate da una serie di analisi condotte secondo il metodo degli elementi finiti.

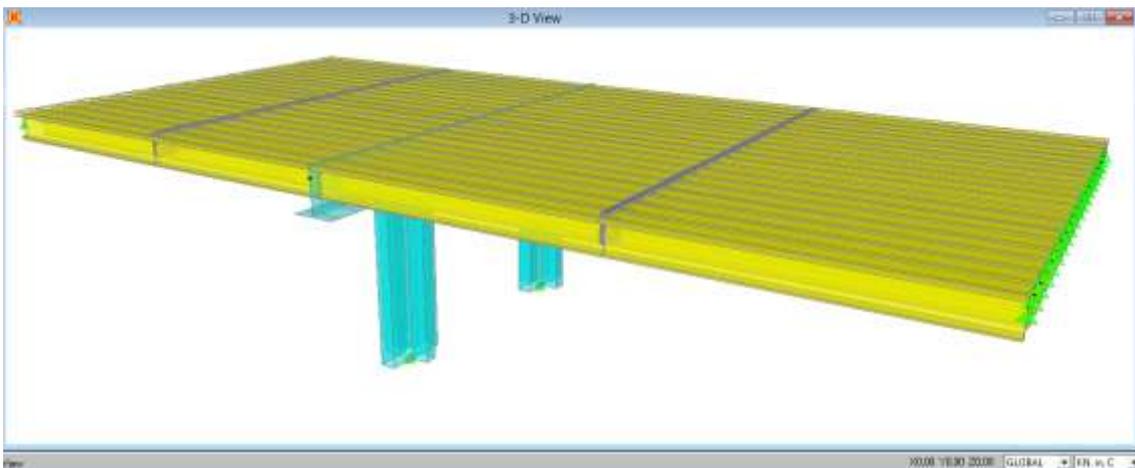
I risultati sono ottenuti implementando numericamente un modello tridimensionale delle strutture mediante l'ausilio del codice ad elementi finiti SAP2000 v.14.0.0, prodotto dalla *Computers and Structure, Inc, Berkeley, California, USA*.

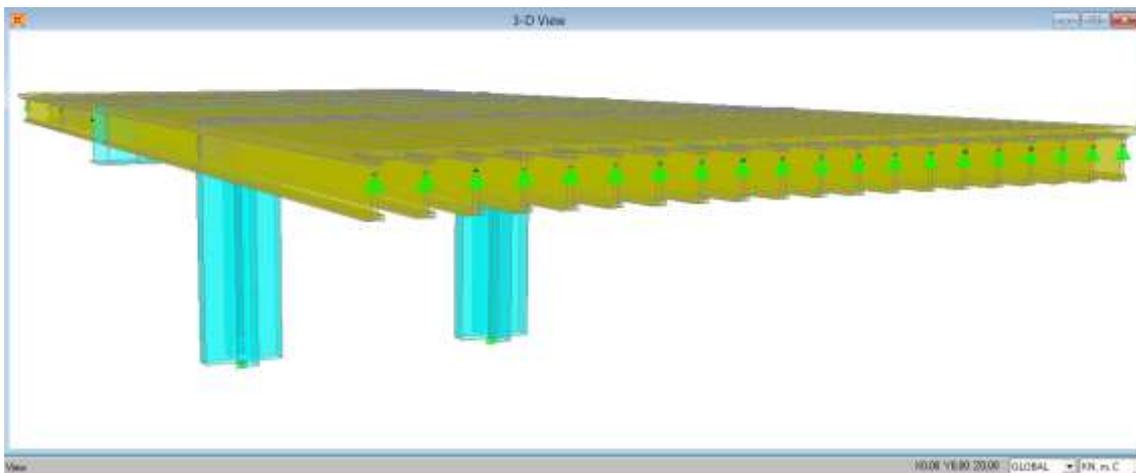
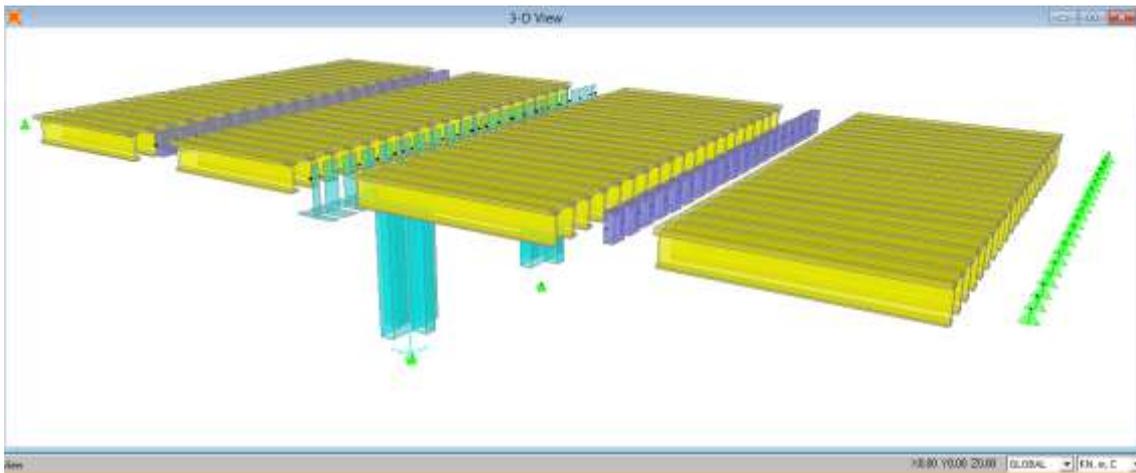
Le verifiche sono state condotte con la teoria degli Stati Limite.

Le strutture del complesso sono state schematizzate secondo un modello tridimensionale ad elementi finiti, elastico lineare, in cui sono state inserite la geometria complessiva della struttura (larghezze, altezze, spessori) nonché le proprietà meccaniche dei materiali.

Le travi, le pile e i pulvini sono stati modellati mediante elementi monodimensionali "tipo beam"; le travi sono rappresentate con la loro sezione con la soletta collaborante, mentre per le pile e i pulvini si è presa la sezione media. I vincoli alla base, piano terra, sono di tipo incastro perfetto.

Di seguito si riportano le immagini del modello utilizzato.





Con i coefficienti di ripartizione trasversale determinati in precedenza, con il metodo del Massonnet, verranno ripartiti disposti i sovraccarichi accidentali sulle travi.

6. VERIFICHE STATICHE

6.1 Calcolo dei carichi accidentali totali

Le pile e i pulvini oggetto delle seguenti verifiche sono quelli a sostegno della campata più lunga, $L_1=21,10\text{m}$, e della campata di luce standard, $L_2=16,40\text{m}$.

I carichi accidentali totali (comprensivi dell'effetto dinamico) per le due colonne di carico presenti sulle due campate risultano essere pari a.

1^a colonna di carico:

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN}$$

$$q_{1k} = 9,00 \times 3,00 = 27,00 \text{ kN/m}$$

2^a colonna di carico:

$$Q_{2k} = 200 \text{ kN}$$

$$q_{2k} = 2,50 \times 3,00 = 7,50 \text{ kN/m}$$

$$P_{\text{accmezzi}} = P_{1\text{acol.}} + P_{2\text{acol.}} = [(300+27,00 \times 21,10/2) + (300+27,00 \times 16,40/2)] + \\ + [(300+27,00 \times 21,10/2) + (300+27,00 \times 16,40/2)] = 1106+541 = 1647 \text{ kN}$$

Dalla relazione "INDAGINI DIAGNOSTICHE SULLE STRUTTURE IN C.A. DEL VIADOTTO DI BOCCAIONE IN BERGAMO – Allegato 2" si evince lo stesso risultato:

8.5 VERIFICA PILA SEZIONE DI SOMMITA'

8.5.1 Verifica SLE

Le azioni sollecitanti alla sommità del fusto sono:

$$N = N_{p.p.} + N_{perm.} + N_{\text{Acc.mezzi}} + \psi_0 \cdot N_{\text{Vento}} = 1658 + 492 + 1647 + 0 = -3797 \text{ kN}$$

I sovraccarichi presenti nelle due relazione sono coerenti tra loro.

Di seguito si riportano le verifiche statiche degli elementi strutturali che nella relazione *“INDAGINI DIAGNOSTICHE SULLE STRUTTURE IN C.A. DEL VIADOTTO DI BOCCAIONE IN BERGAMO – Allegato 2” del 30-01-2017* risultavano **non essere soddisfatte**. In particolare:

- Verifiche a taglio-torsione nei pulvini;
- Verifiche alla sommità delle pile.

Inoltre, nella presente relazione, verrà verificata la sezione alla base delle pile anche per i carichi sismici.

6.2 Verifiche a taglio-torsione dei pulvini

Le caratteristiche geometriche dei pulvini sono state desunte dalle tavole di progetto.

VERIFICA SEZIONE SO

Le azioni a taglio-torsione sollecitanti sono:

$$V_{Ed} = \sum V_{Ed,i} - (M_{Ed} \times \tan \alpha) / h = (V_{pp} \times \gamma_{G1} + V_{perm} \times \gamma_{G2} + V_{accmezzi} \times \gamma_Q)_i - (M_{Ed} \times \tan \alpha) / h = \\ = (660 \times 1,35 + 231 \times 1,50 + 690 \times 1,35) - 312 = 1.857,00 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 585 \text{ kNm}$$

Di seguito il sottoscritto riproduce la verifica a taglio-torsione della sezione del pulvino adottando le seguenti ipotesi:

- le azioni sollecitanti allo SLU derivano dalla ripartizione trasversale tra le travi utilizzando la teoria del Massonnet.;
- la resistenza media di calcestruzzo $R_{ck,m}$ ottenuta dalle carote eseguite è risultata essere pari a 56 MPa; in queste verifiche, a favore di sicurezza, si considera una classe **C35/45**.

Utilizzando il foglio di calcolo in excel alle NTC08, la verifica combinata a taglio-torsione fornisce:

Inserire i singoli Tagli sollecitanti in esercizio SLE
oppure direttamente il Taglio sollecitante V_{Ed} allo SLU

Taglio pesi propri SLE = 0,00 kN
Taglio permanente SLE = 0,00 kN
Taglio accidentale SLE = 0,00 kN
 $V_{Ed} = 0,00$ kN

Taglio V_{Ed} allo SLU

$V_{Ed} = 1837,00$ kN

47

calcestruzzo = C35/45

$f_{ck} = 45,00$ N/mm²

$f_{cd} = 24,90$ N/mm²

$\gamma_c = 1,50$

$f_{ctm} = 3,35$ N/mm²

$f_{ck} = 37,35$ N/mm²

acciaio = B450C

$f_{yk} = 430$ N/mm²

$\gamma_s = 1,15$

$f_{yd} = 374$ N/mm²

larghezza
sezione $b_w = 600$ mm

altezza totale $h = 1970$ mm

copriferro
trazione $c = 70$ mm

$d = 1900$ mm

$A = 1182000$ mm²

$\sigma_{cp} = 0,0$ N/mm²

diametro staffe = 14 mm

passo staffe $s = 90$ mm

bracci = 2

$A_{sw} = 307,88$ mm²

$A_{sw,min} = 900,00$ mm²/m

$A_{sw,min} = 81,00$ mm²/passo

passo $s = 1520,00$ mm

OK

OK

max =

CALCOLO: Ricavo ϑ uguagliando il taglio sollecitante alla resistenza a taglio-compressione:

$$\vartheta = 1/2 \times [\arcsin(2 \times V_{Ed} / \alpha_c / f'_{cd} / b_w / d)]$$

$\vartheta = 40,00^\circ$

$\text{ctg} \vartheta = 1,192$

OK

$40,00^\circ$

$\alpha = 90$ inclinazione staffe

$\alpha_c = 1$ 1

$f'_{cd} = 12,45 \text{ N/mm}^2$ 1

NO

NO

n° ferri piegati = 0

passo s = 100 mm

diametro ferri

piegati = 10 mm

$A_{sw} = 0,00 \text{ mm}^2$

$\alpha = 45$ inclinazione ferri

?

Torsione pesi propri SLE = 0,00 kNm

Torsione permanente SLE = 0,00 kNm

Torsione accidentale SLE = 0,00 kNm

$T_{Ed} = 0,00 \text{ kNm}$

Momento Torcente T_{Ed} allo
SLU

$T_{Ed} = 585,00 \text{ kNm}$

larghezza
sezione $b_w = 600 \text{ mm}$

altezza totale $h = 1970 \text{ mm}$

copriferro 70 mm

$d = 1900 \text{ mm}$

trazione c =

$$A_c = 1182000 \text{ mm}^2$$

$$u = 5140 \text{ mm}$$

$$t (A_c/u) = 230 \text{ mm} \quad \text{OK} \quad 229,961 \text{ mm}$$

$$A = 643882 \text{ mm}^2$$

Armatura
trasversale:

$$\text{diametro staffe} = 14 \text{ mm}$$

$$\text{passo staffe } s = 90 \text{ mm} \quad A_{sw} = 307,88 \text{ mm}^2$$

$$\text{bracci} = 2$$

$$a_s = 3,42085$$

Armatura
longitudinale:

$$\text{diametro barre} = - \text{ mm}$$

$$\text{numero} = 6 \text{ OK} \quad A_l = 6086 \text{ mm}^2$$

$$u_m = 4220 \text{ mm}$$

$$a_l = 1,46577$$

CALCOLO: $\text{ctg} \vartheta = (a_l/a_s)^{1/2}$

$$\text{ctg} \vartheta = 1,192$$

OK

$$40,00^\circ$$

$$\alpha = 90$$

inclinazione staffe

$$f'_{cd} = 12,45 \text{ N/mm}^2$$

VALORE UNICO DI ϑ PER LE VERIFICHE:

$$\vartheta = 40,00^\circ$$

ctg ϑ = 1,192 **OK**

A TAGLIO:

Con riferimento armatura trasversale:

$V_{Rsd} = 2606,67 \text{ kN}$ staffe
 $V_{Rsd} = 0,00 \text{ kN}$ ferri piegati
 $V_{Rsd} = 2606,67 \text{ kN}$ totale

Area minima per il taglio:

$A_{s,min} = 108,48 \text{ mm}^2$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima:

$V_{Rcd} = 6289,82 \text{ kN}$

A TORSIONE:

Con riferimento armatura trasversale:

$T_{Rsd} = 1963,03 \text{ kNm}$ staffe

Area minima per la torsione:

$A_{s,min} = 45,37 \text{ mm}^2$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima:

$T_{Rcd} = 1815,44 \text{ kNm}$

Con riferimento armatura longitudinale:

$T_{Rsd} = 592,23 \text{ kNm}$

Verifica resistenza delle bielle a taglio-torsione è pari a:

$V_{Ed}/V_{Rcd} = 0,29$

$T_{Ed}/T_{Rcd} = 0,32$

sfruttamento = $\frac{0,29 + 0,32}{2} = 0,61$ **OK**

Verifica resistenza delle staffe a taglio è pari a:

sfruttamento = $\frac{0,29}{2} = 0,70$ **OK**

Verifica resistenza delle staffe a torsione è pari a:

sfruttamento = 0,30 OK

Verifica resistenza dell'armatura longitudinale a torsione è pari a:

sfruttamento = 0,99 OK

L'area necessaria minima delle staffe a braccio è pari a:

$A^+_{stot} = 153,86 \text{ mm}^2$ OK

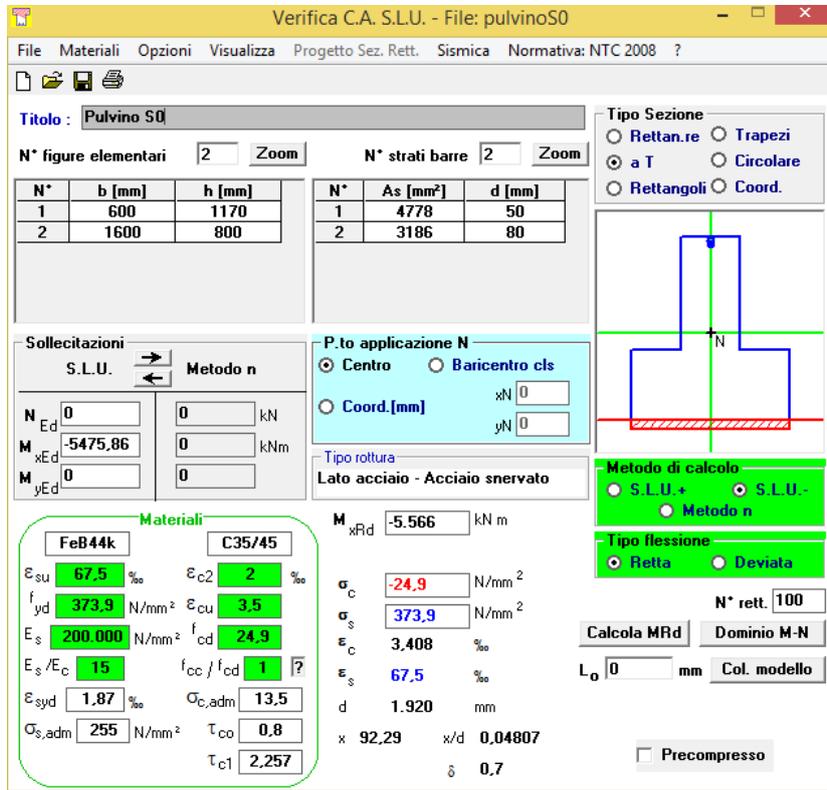
Poiché il calcolo a resistenza delle bielle a taglio-torsione, con le nuove sollecitazioni e i nuovi parametri meccanici (classe del calcestruzzo C35/45), fornisce un coefficiente di sfruttamento $\eta < 1.00$ la verifica è soddisfatta.

L'armatura longitudinale integrativa (oltre a quella strettamente necessaria per le verifiche a flessione) deve essere pari a 6.086 mmq.

Nella sezione in esame sono presenti:

ARMATURA	Ferri sup.	9+9+2Φ26	10.620 mmq
	Armatura di parete	3+3Φ16	1.206 mmq
	1° strato feri inf.	3Φ22+2Φ16	1.162 mmq
	2° strato feri inf.	3Φ22+2Φ16	1.162 mmq
			14.150 mmq

Il controllo dell'armatura presente nella sezione è positivo perché l'armatura necessaria per la resistenza flessionale ammonta a circa 7.964 mmq quindi l'armatura residua disponibile per la resistenza a torsione è pari a 6.186 mmq che è maggiore al minimo richiesto pari a 6.086 mmq.



La verifica è pertanto soddisfatta.

VERIFICA SEZIONE S2

Le caratteristiche geometriche dei pulvini sono state desunte dalle tavole di progetto.

Le azioni a taglio-torsione sollecitanti sono:

$$V_{Ed} = \sum V_{Ed,i} - (M_{Ed} \times t \times g \alpha) / h = (V_{pp} \times \gamma_{G1} + V_{perm} \times \gamma_{G2} + V_{accmezzi} \times \gamma_Q) - (M_{Ed} \times t \times g \alpha) / h = \\ = (630 \times 1,35 + 231 \times 1,50 + 690 \times 1,35) - 230 = 1.898,50 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 525 \text{ kNm}$$

53

Di seguito il sottoscritto riproduce la verifica a taglio-torsione della sezione del pulvino adottando le seguenti ipotesi:

- le azioni sollecitanti allo SLU derivano dalla ripartizione trasversale tra le travi utilizzando la teoria del Massonnet.;
- la resistenza media di calcestruzzo $R_{ck,m}$ ottenuta dalle carote eseguite è risultata essere pari a 56 MPa; in queste verifiche, a favore di sicurezza, si considera una classe **C35/45**.

Utilizzando il foglio di calcolo in excel alle NTC08, la verifica combinata a taglio-torsione fornisce:

Inserire i singoli Tagli sollecitanti in esercizio SLE oppure direttamente il Taglio sollecitante V_{Ed} allo SLU

$$\text{Taglio pesi propri SLE} = 0,00 \text{ kN}$$

$$\text{Taglio permanente SLE} = 0,00 \text{ kN}$$

$$\text{Taglio accidentale SLE} = 0,00 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

Taglio V_{Ed} allo SLU

$$V_{Ed} = 1898,50 \text{ kN}$$

calcestruzzo = C35/45

$$f_{ck} = 45,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 24,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$f_{ctm} = 3,35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 37,35 \text{ N/mm}^2$$

acciaio = B450C

$$f_{yk} = 430 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = 374 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{larghezza sezione } b_w = 600 \text{ mm}$$

$$\text{altezza totale } h = 1890 \text{ mm}$$

Torsione pesi propri SLE = 0,00 kNm

Torsione permanente SLE = 0,00 kNm

Torsione accidentale SLE = 0,00 kNm

$T_{Ed} = 0,00$ kNm

Momento Torcente T_{Ed} allo
SLU

$T_{Ed} = 525,00$ kNm

55

larghezza
sezione $b_w = 600$ mm

altezza totale $h = 1890$ mm

copriferro
trazione $c = 50$ mm

$d = 1840$ mm

$A_c = 1134000$ mm²

$u = 4980$ mm

$t (A_c/u) = 228$ mm

OK 227,711 mm

$A = 618852$ mm²

Armatura
trasversale:

diametro staffe
= 14 mm

passo staffe $s = 90$ mm

$A_{sw} = 307,88$ mm²

bracci = 2

$a_s = 3,42085$

Armatura
longitudinale:

diametro barre
= - mm

numero = 6 **OK**

$A_l = 5555$ mm²

$$u_m = 4069 \text{ mm}$$

$$a_l = 1,38969$$

CALCOLO: $\text{ctg}\vartheta = (a_l/a_s)^{1/2}$

$$\text{ctg}\vartheta = 1,192$$

OK

40,00 °

$$\alpha = 90$$

inclinazione staffe

$$f_{cd} = 12,45 \text{ N/mm}^2$$

56

VALORE UNICO DI ϑ PER LE VERIFICHE:

$$\vartheta = 40,00 \text{ °}$$

$$\text{ctg}\vartheta = 1,192$$

OK**A TAGLIO:**Con riferimento armatura trasversale:

$$V_{Rsd} = 2524,36 \text{ kN} \quad \text{staffe}$$

$$V_{Rsd} = 0,00 \text{ kN} \quad \text{ferri piegati}$$

$$V_{Rsd} = 2524,36 \text{ kN} \quad \text{totale}$$

Area minima per il taglio:

$$A_{s,min} = 113,27 \text{ mm}^2$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima:

$$V_{Rcd} = 6091,19 \text{ kN}$$

A TORSIONE:Con riferimento armatura trasversale:

$$T_{Rsd} = 1886,72 \text{ kNm} \quad \text{staffe}$$

Area minima per la torsione:

$$A_{s,min} = 40,33 \text{ mm}^2$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima:

$$T_{Rcd} = 1727,79 \text{ kNm}$$

Con riferimento armatura longitudinale:

$$T_{Rsd} = 539,66 \text{ kNm}$$

Verifica resistenza delle bielle a taglio-torsione è pari a:

$$V_{Ed}/V_{Rcd} = 0,31$$

$$T_{Ed}/T_{Rcd} = 0,30$$

$$\text{sfruttamento} = \frac{0,31 + 0,30}{1,0} = 0,62 \text{ OK}$$

Verifica resistenza delle staffe a taglio è pari a:

$$\text{sfruttamento} = 0,75 \text{ OK}$$

Verifica resistenza delle staffe a torsione è pari a:

$$\text{sfruttamento} = 0,28 \text{ OK}$$

Verifica resistenza dell'armatura longitudinale a torsione è pari a:

$$\text{sfruttamento} = 0,97 \text{ OK}$$

L'area necessaria minima delle staffe a braccio è pari a:

$$A^+_{\text{stot}} = 153,61 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

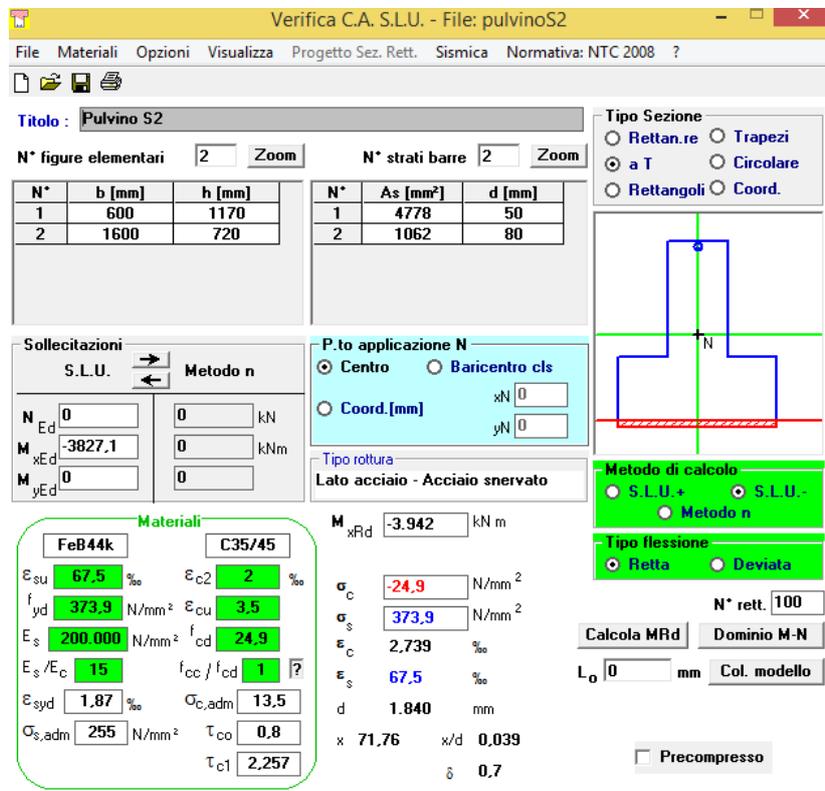
Poiché il calcolo a resistenza delle bielle a taglio-torsione, con le nuove sollecitazioni e i nuovi parametri meccanici (classe del calcestruzzo C35/45), fornisce un coefficiente di sfruttamento $\eta < 1.00$ la verifica è soddisfatta.

L'armatura longitudinale integrativa (oltre a quella strettamente necessaria per le verifiche a flessione) deve essere pari a 5.555 mmq.

Nella sezione in esame sono presenti:

ARMATURA			
	Ferri sup.	9+6Φ26	7.965 mmq
	Armatura di parete	3+3Φ16	1.206 mmq
	1° strato feri inf.	3Φ22+2Φ16	1.162 mmq
	2° strato feri inf.	3Φ22+2Φ16	1.162 mmq
			11.495 mmq

Il controllo dell'armatura presente nella sezione è positivo perché l'armatura necessaria per la resistenza flessionale ammonta a circa 5.840 mmq quindi l'armatura residua disponibile per la resistenza a torsione è pari a 5.655 mmq che è maggiore al minimo richiesto pari a 5.555 mmq.



La verifica è pertanto soddisfatta.

6.3 Verifiche Pila sezione di sommità

Di seguito il sottoscritto riproduce la verifica della sezione in sommità della pila adottando le seguenti ipotesi:

- le azioni sollecitanti allo SLE e allo SLU sono le medesime riportate nella relazione "INDAGINI DIAGNOSTICHE SULLE STRUTTURE IN C.A. DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE IN BERGAMO – Allegato 2" del 30-01-2017;
- vengono prese in considerazioni **tutte le armature** presenti nella sezione;
- la resistenza media di calcestruzzo $R_{ck,m}$ ottenuta dalle carote eseguite è risultata essere pari a 56 MPa; in queste verifiche, a favore di sicurezza, si considera una classe **C35/45**.

Verifiche allo SLE

Le azioni sollecitanti alla sommità del fusto risultano essere pari a:

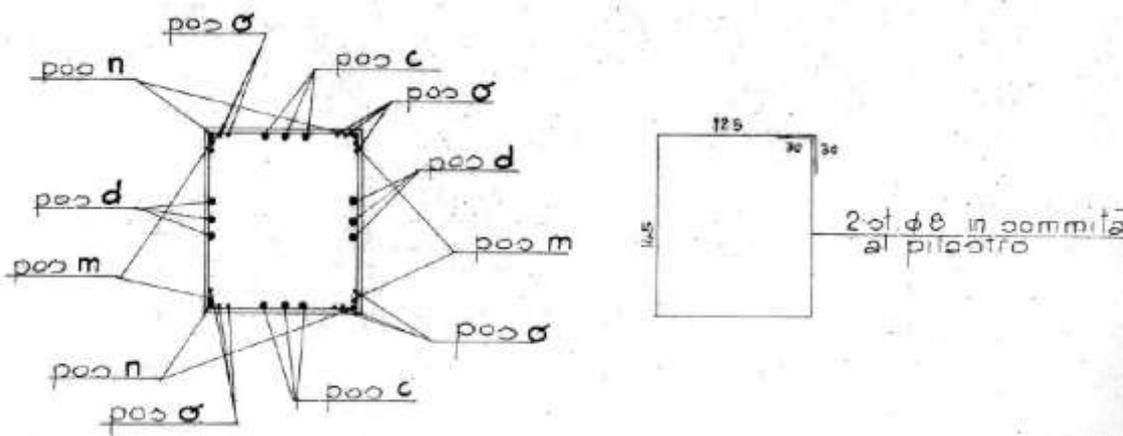
$$N = - 3.797 \text{ kN}$$

$$M_{33} = +834 \text{ kNm} \quad (\text{lungo asse impalcato})$$

$$M_{22} = +3.100 \text{ kNm} \quad (\text{lungo asse del pulvino})$$

Si esegue la verifica a pressoflessione deviata della sezione **alla sommità del fusto** avente base 130 cm e altezza pari a 150 cm (lungo asse del pulvino).

Le armature sono desunte dalla tavola 3, redatta dall'ing. Edoardo Terzi il 7 giugno 1975.



Armature: pos c 3 Φ 26 copriferro 5 cm
 pos d 3 Φ 22 copriferro 5 cm
 pos m 2 Φ 14 copriferro 5 cm
 pos n 2 Φ 14 copriferro 5 cm
 pos o 12 Φ 12 copriferro 5 cm (**trascurati nelle verifiche** riportate nella Relazione "Indagini Diagnostiche sulle Strutture in c.a. del viadotto di Boccaleone in Bergamo – allegato 2" datata 30/01/2017 prodotta dallo studio R. tekno s.r.l.)

Nella figura seguente si riportano le tensioni massime nel calcestruzzo e nelle barre di armatura in MPa.

Verifica C.A. S.L.U. - File: pileSOMM

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO : Pile in sommità

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [mm]	y [mm]
1	0	0
2	1300	0
3	1300	1500
4	0	1500

N°	As [mm²]	x [mm]	y [mm]
1	531	450	50
2	531	650	50
3	531	850	50
4	531	450	1450
5	531	650	1450
6	531	850	1450

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 3797 kN
M_{xEd} 3100 kNm
M_{yEd} 834

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[mm] xN
yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 FeB44k C35/45
ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} ‰
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
τ_{c1} ‰

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_s ‰
d mm
x x/d
δ

Verifica
N° iterazioni:

Precompresso

La verifica fornisce:

$$\sigma_c = 15,1 \text{ N/mm}^2 < 0,60 \times f_{ck} = 0,60 \times 37,3 = 22,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 313 \text{ N/mm}^2 < 0,80 \times f_{yk} = 0,80 \times 430 = 344 \text{ N/mm}^2$$

Le verifiche risultano pertanto soddisfatte.

Verifiche allo SLU

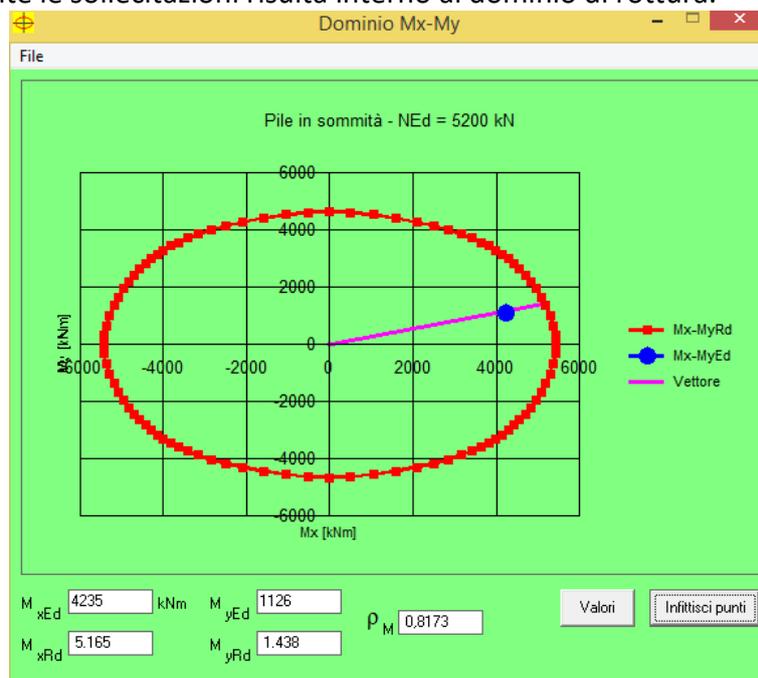
Le azioni sollecitanti alla sommità del fusto risultano essere pari a:

$N = -5.200 \text{ kN}$

$M_{33} = +1.126 \text{ kNm}$ (lungo asse impalcato)

$M_{22} = +4.235 \text{ kNm}$ (lungo asse del pulvino)

Nella figura sottostante si riporta il dominio di resistenza della sezione sommitale della pila: il punto rappresentante le sollecitazioni risulta interno al dominio di rottura.



Il rapporto di sfruttamento η è risultato pari a $0,82 < 1,00$.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

6.4 Verifiche Pila sezione alla base

Di seguito il sottoscritto riproduce la verifica della sezione alla base della pila adottando le seguenti ipotesi:

- le azioni sollecitanti allo SLE e allo SLU sono le medesime riportate nella relazione "INDAGINI DIAGNOSTICHE SULLE STRUTTURE IN C.A. DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE IN BERGAMO – Allegato 2" del 30-01-2017;
- vengono prese in considerazioni **tutte le armature** presenti nella sezione;
- la resistenza media di calcestruzzo $R_{ck,m}$ ottenuta dalle carote eseguite è risultata essere pari a 56 MPa; in queste verifiche, a favore di sicurezza, si considera una classe **C35/45**.

Verifiche allo SLE

Le azioni sollecitanti alla base del fusto risultano essere pari a:

$$N = - 4.112 \text{ kN}$$

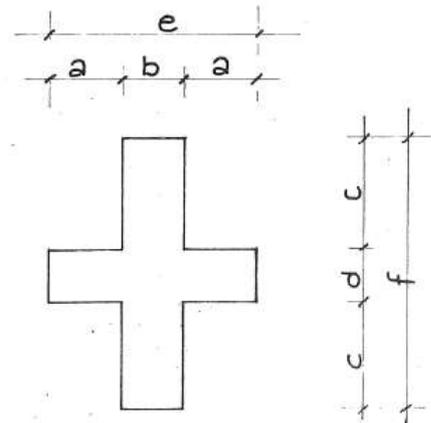
$$M_{33} = +396 \text{ kNm} \quad (\text{lungo asse impalcato})$$

$$M_{22} = +2.098 \text{ kNm} \quad (\text{lungo asse del pulvino})$$

Si esegue la verifica a pressoflessione deviata della sezione **base del fusto** avente dimensioni:

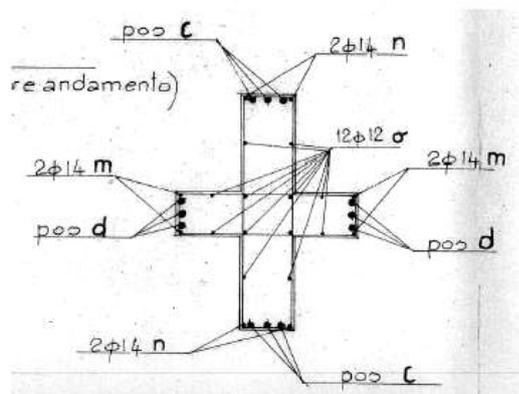
Verifica a pressoflessione deviata:

SEZIONE	e (cm)	200
	f (cm)	260 lungo asse pulvino
	a (cm)	70
	b (cm)	60
	c (cm)	105
	d (cm)	50



Le armature sono desunte dalla tavola 3, redatta dall'ing. Edoardo Terzi il 7 giugno 1975.

ARMATURA	pos c	3 ϕ 26	(copriferro 3 cm)
	pos d	3 ϕ 22	(copriferro 3 cm)
	pos m	2 ϕ 14	(copriferro 3 cm)
	pos n	2 ϕ 14	(copriferro 3 cm)
	pos o	12 ϕ 12	(copriferro 3 cm) trascurati nelle verifiche



I 12 ϕ 12mm venivano trascurati nelle verifiche riportate nella Relazione "Indagini Diagnostiche sulle Strutture in c.a. del viadotto di Boccaleone in Bergamo – allegato 2" datata 30/01/2017 prodotta dallo studio R. tekno s.r.l..

Nella figura seguente si riportano le tensioni massime nel calcestruzzo e nelle barre di armatura in MPa.

Verifica C.A. S.L.U. - File: pileBASE

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Seq. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO : Pile alla base

N° Vertici 12 Zoom N° barre 32 Zoom

N°	x [mm]	y [mm]	N°	As [mm²]	x [mm]	y [mm]
1	0	0	1	531	150	50
2	600	0	2	531	300	50
3	600	1050	3	531	450	50
4	1300	1050	4	154	50	50
5	1300	1550	5	154	550	50
6	600	1550	6	531	150	2550

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 4112 kN
M_{xEd} 0 2098 kNm
M_{yEd} 0 396

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord. [mm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo
 S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Materiali FeB44k C35/45

ε_{cu} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 373,9 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 24,9 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 1 ‰
ε_{syd} 1,87 ‰ C_{c,adm} 13,5
C_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,8
τ_{c1} 2,257

σ_c -5,096 N/mm²
σ_s 26,52 N/mm²
ε_s 0,1326 ‰
d 2.578 mm
x 1.914 x/d 0,7424
ξ 1

Verifica N° iterazioni: 3

Precompresso

La verifica fornisce:

$$\sigma_c = 5,1 \text{ N/mm}^2 < 0,60 \times f_{ck} = 0,60 \times 37,3 = 22,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 27 \text{ N/mm}^2 < 0,80 \times f_{yk} = 0,80 \times 430 = 344 \text{ N/mm}^2$$

Le verifiche risultano pertanto soddisfatte.

Verifiche allo SLU

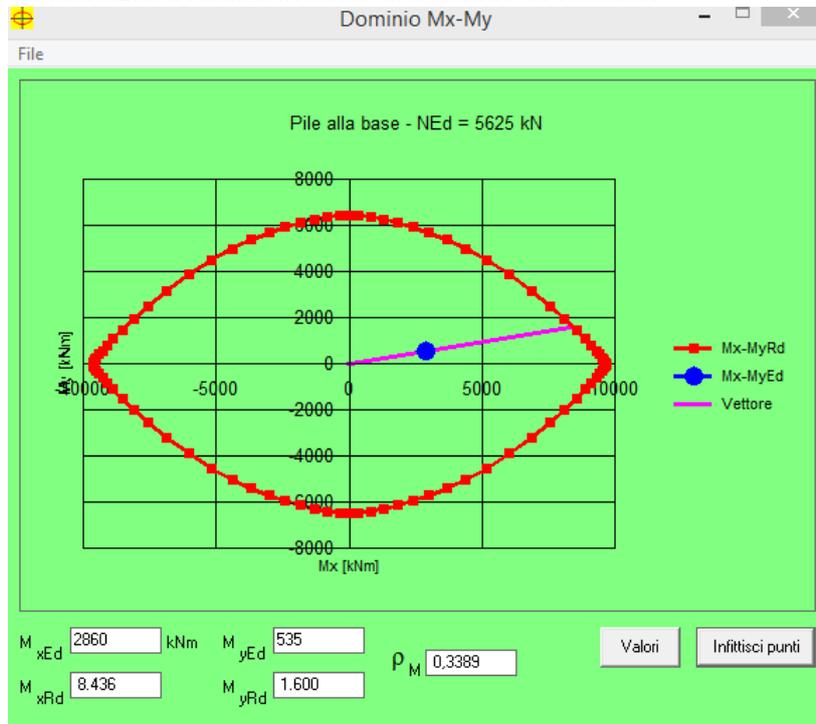
Le azioni sollecitanti alla base del fusto risultano essere pari a:

$N = - 5.625 \text{ kN}$

$M_{33} = +535 \text{ kNm}$ (lungo asse impalcato)

$M_{22} = +2.860 \text{ kNm}$ (lungo asse del pulvino)

Nella figura sottostante si riporta il dominio di resistenza della sezione di base della pila: il punto rappresentante le sollecitazioni risulta interno al dominio di rottura.



Il rapporto di sfruttamento η è risultato pari a $0,34 < 1,00$.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

7. MODELLAZIONE A ELEMENTI FINITI: VERIFICHE SISMICHE

7.1 DESCRIZIONE E IPOTESI ALLA BASE DEL MODELLO FEM

Le valutazioni delle sollecitazioni agenti sui differenti elementi strutturali sono state ricavate da una serie di analisi condotte secondo il metodo degli elementi finiti.

Si è preso in considerazione solamente l'azione sismica trasversale alle pile, la quale risulta più gravosa rispetto alla componente longitudinale, ossia nella direzione di sviluppo del ponte. Quest'ultima infatti viene trasferita alla sequenza di pilastri, che si comportano come un telaio spaziale vincolato alle estremità.

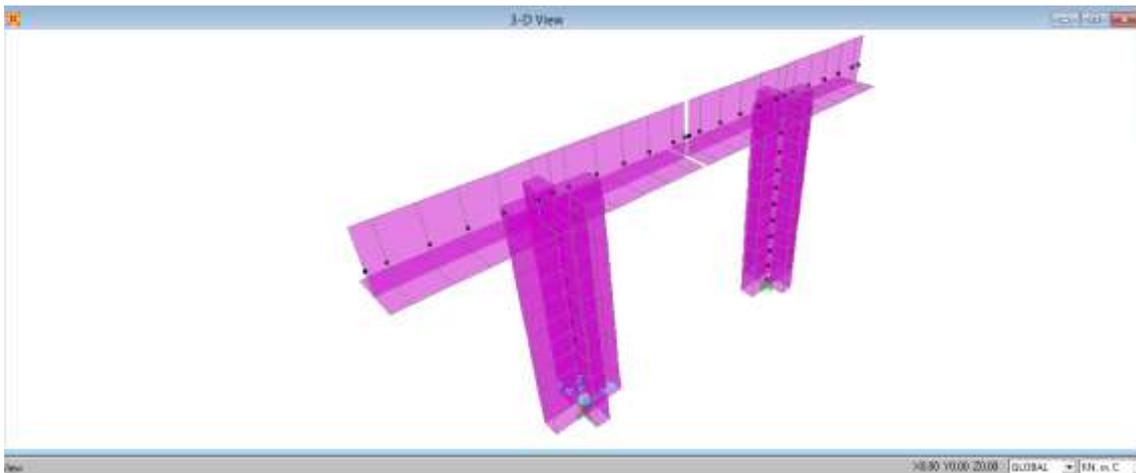
I risultati sono ottenuti implementando numericamente un modello bidimensionale delle strutture mediante l'ausilio del codice ad elementi finiti SAP2000 v.14.0.0, prodotto dalla *Computers and Structure, Inc, Berkeley, California, USA*.

Le verifiche sono state condotte con la teoria degli Stati Limite.

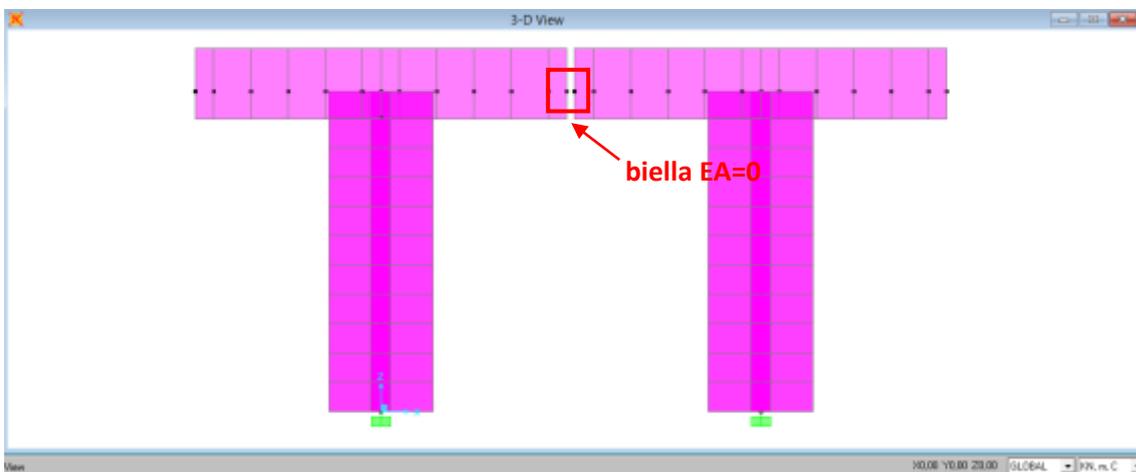
Le strutture del complesso sono state schematizzate secondo un modello bidimensionale ad elementi finiti, elastico lineare, in cui sono state inserite la geometria complessiva della struttura (larghezze, altezze, spessori) nonché le proprietà meccaniche dei materiali.

Le pile e i pulvini sono stati modellati mediante elementi monodimensionali "tipo beam. I vincoli alla base sono di tipo incastro perfetto.

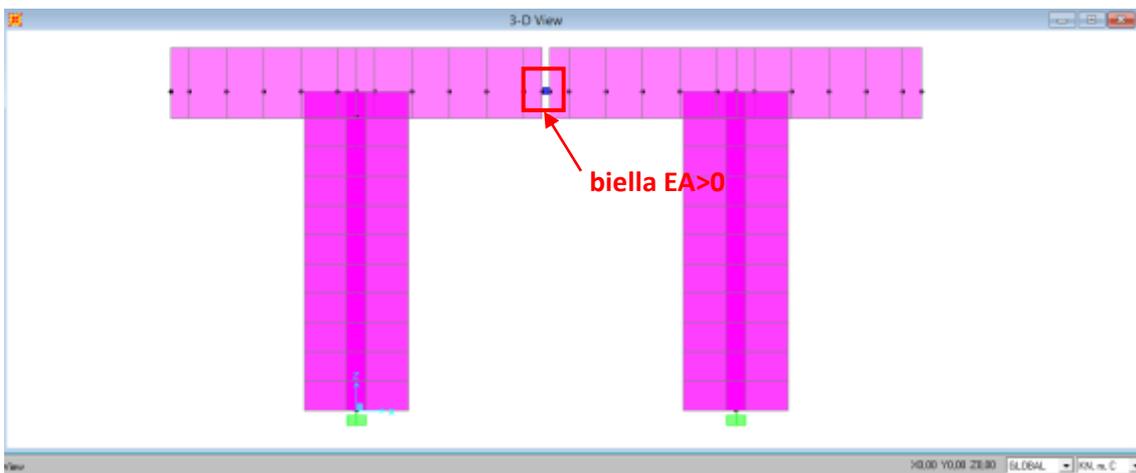
Si riportano alcune immagini della struttura estratte dal modello FEM nella versione Stato di Fatto (SdF) e nella versione Stato di Progetto (SdP).



SdF - Le pile e i pulvini sono stati schematizzati con sezione la loro sezione media.



SdF – Il collegamento fittizio tra i due pulvini avviene attraverso una elemento con rigidezza $EA \approx 0$



SdP – Il collegamento tra i due pulvini avviene attraverso una elemento con rigidezza $EA > 0$ propria dell'elemento di collegamento

Analisi statica lineare

Il periodo fondamentale T_1 in corrispondenza del quale valutare la risposta spettrale in accelerazione $S_d(T_1)$ è dato dall'espressione:

$$T_1 = 2\pi\pi\sqrt{(26.880/35.957.652)} = 0,1718 \text{ s}$$

Tale valore risulta intermedio a $T_B = 0,151 \text{ s}$ e $T_C = 0,452 \text{ s}$.

L'accelerazione è quindi pari a:

$$S_d(T_1) = 0,440\text{g} \quad \text{"plateau"}$$

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV
a_s	0,186 g
F_c	2,499
T_c	0,284 s
S_s	1,421
C_c	1,591
S_T	1,000
q	1,500

Parametri dipendenti	
S	1,421
η	0,667
T_B	0,151 s
T_C	0,452 s
T_D	2,344 s

Punti dello spettro di risposta	
T [s]	$S_e [g]$
0,000	0,264
T_B	0,440
T_C	0,440
0,542	0,367
0,632	0,315
0,722	0,275
0,812	0,245
0,902	0,220
0,992	0,200
1,082	0,184
1,173	0,170
1,263	0,158
1,353	0,147
1,443	0,138
1,533	0,130
1,623	0,123
1,713	0,118

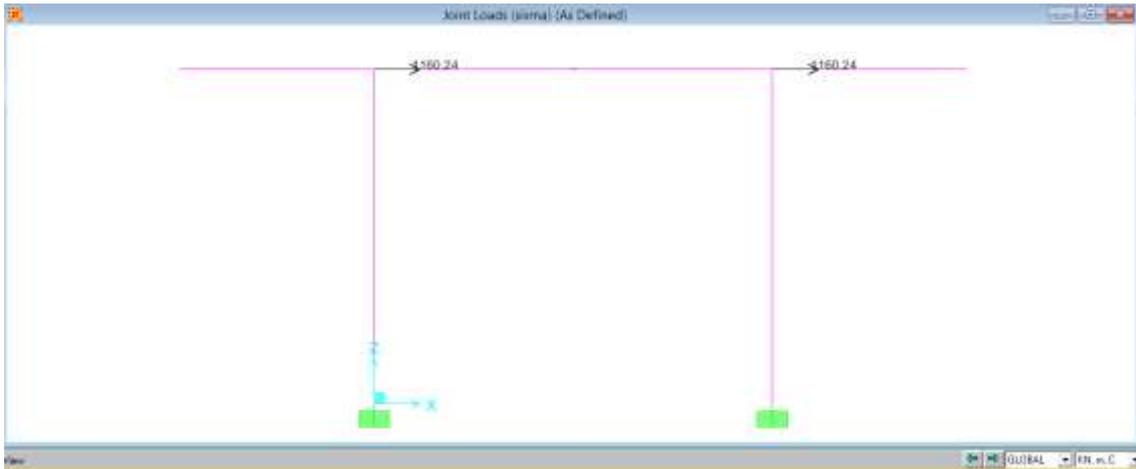
La forza sismica equivalente è pari a:

$$F_h = M \times S_d(T_1) = 26.880/100 \times 0,440\text{g} = 1.160,24 \text{ kN}$$

dove

$$M = (2.479,40 + 315/2) \times 100/\text{g} = 26.880 \text{ Kg}_{\text{massa}}$$

La forza sismica sarà posta a livello dell'impalcato: per le pile in oggetto, che sostengono la campata più lunga, tale quota corrisponde alla quota massima di 8,00 m.



Forze sismiche nei modelli FEM

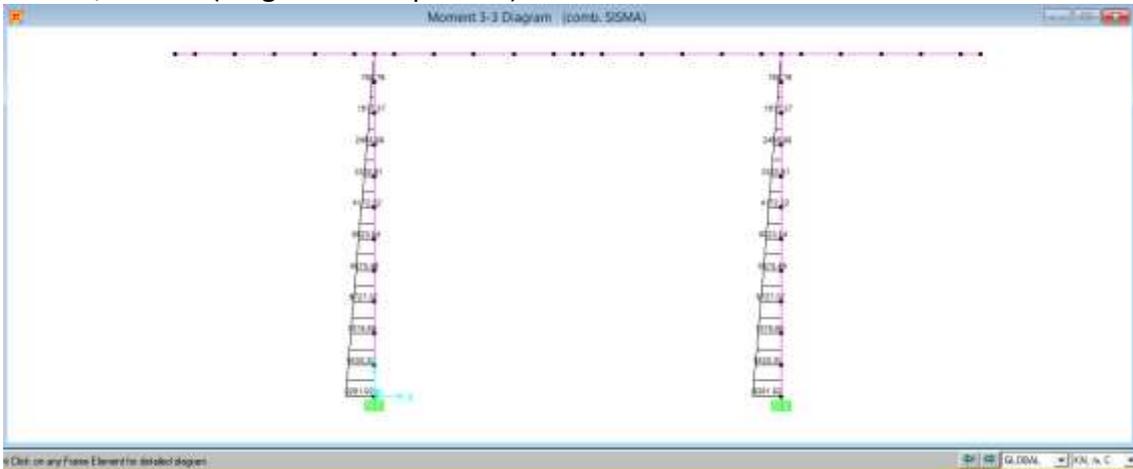
7.2 Verifiche Pila sezione alla base

7.2.1 Verifiche allo SdF in combinazione sismica: le due strutture a T sono considerate indipendenti nel resistere alle azioni orizzontali

Le azioni sollecitanti alla base del fusto risultano essere pari a:

$$N = - (2.479,40 + 315) = - 2.794,40 \text{ kN}$$

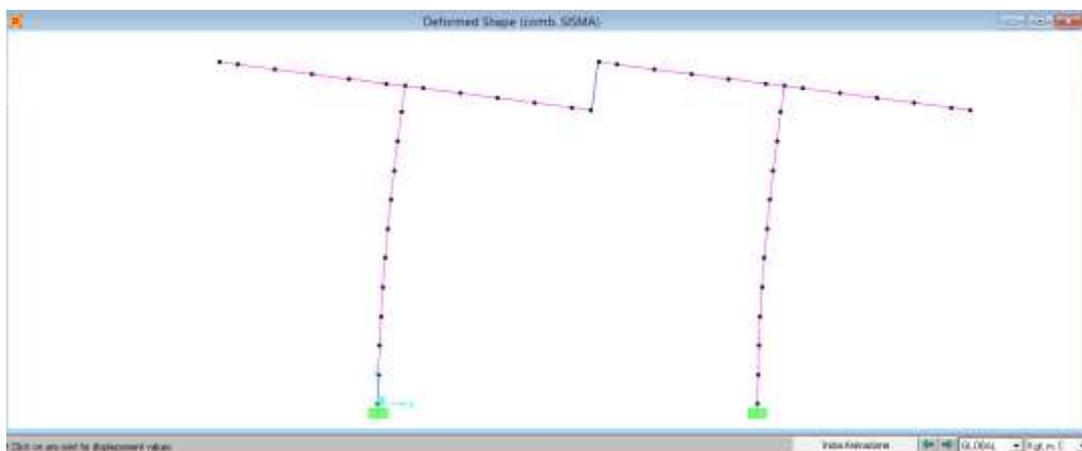
$$M_{22} = +9.281,92 \text{ kNm (lungo asse del pulvino)}$$



Azione flettente nelle pile [kNm]



Azione assiale nelle pile [kN]

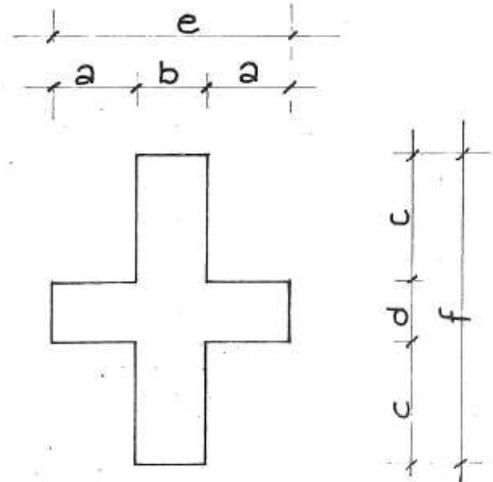


Deformata sismica

Si esegue la verifica a pressoflessione retta della sezione **base del fusto** avente dimensioni:

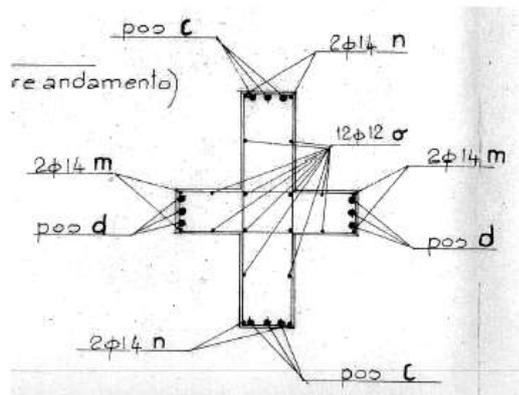
Verifica a pressoflessione deviata:

SEZIONE	e (cm)	200
	f (cm)	260 lungo asse pulvino
	a (cm)	70
	b (cm)	60
	c (cm)	105
	d (cm)	50

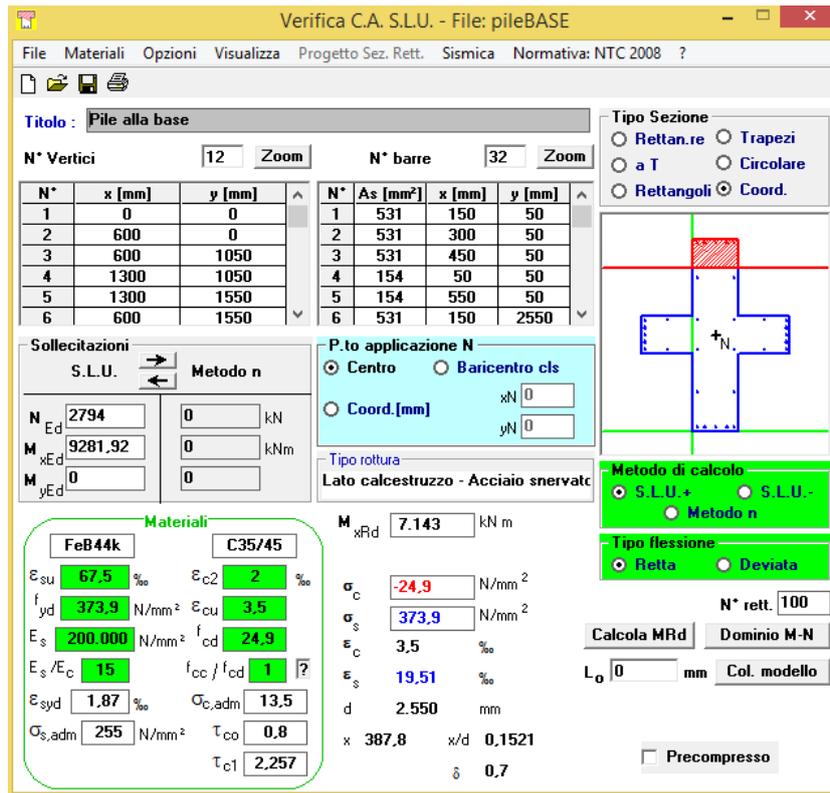


Le armature sono desunte dalla tavola 3, redatta dall'ing. Edoardo Terzi il 7 giugno 1975.

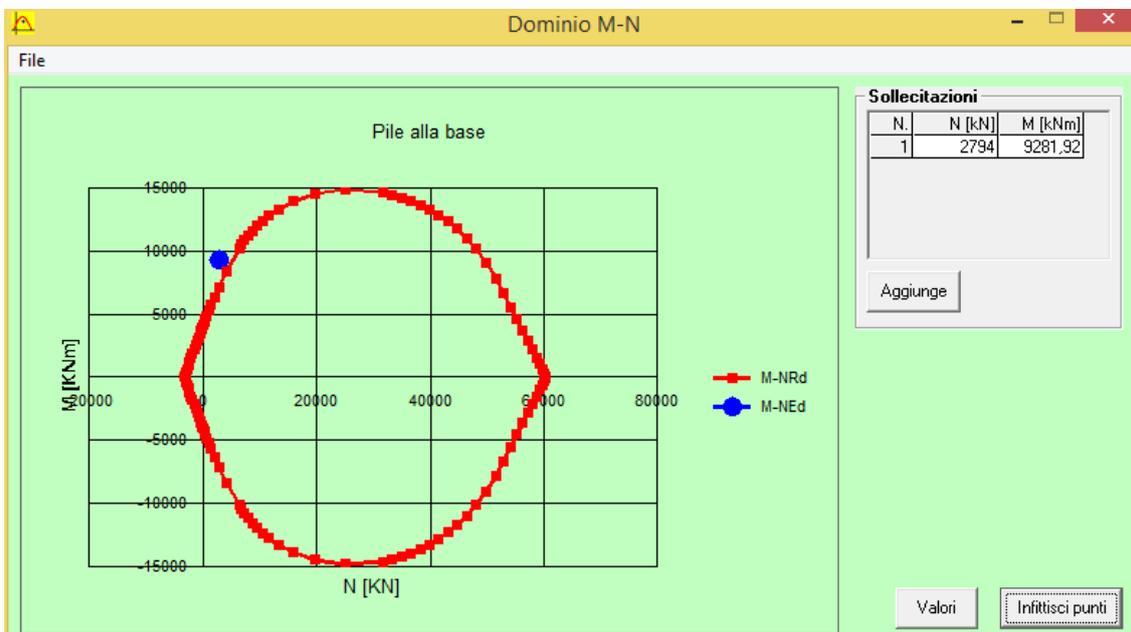
ARMATURA	pos c	3 ϕ 26	(copriferro 3 cm)
	pos d	3 ϕ 22	(copriferro 3 cm)
	pos m	2 ϕ 14	(copriferro 3 cm)
	pos n	2 ϕ 14	(copriferro 3 cm)
	pos o	12 ϕ 12	(copriferro 3 cm) trascurati nelle verifiche



I 12 Φ 12mm venivano trascurati nelle verifiche riportate nella Relazione "Indagini Diagnostiche sulle Strutture in c.a. del viadotto di Boccaleone in Bergamo – allegato 2" datata 30/01/2017 prodotta dallo studio R. tekno s.r.l..



Nella figura sottostante si riporta il dominio di resistenza della sezione di base della pila: il punto rappresentante le sollecitazioni risulta esterno al dominio di rottura.



Il rapporto di sfruttamento η è risultato pari a $1,30 > 1,00$.

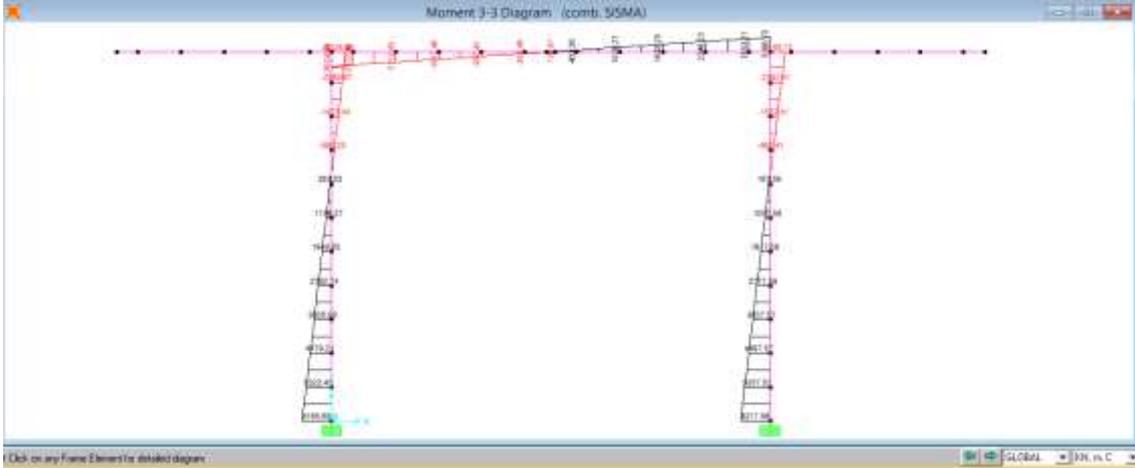
La verifica NON risulta pertanto soddisfatta.

7.2.2 Verifiche allo SdP in combinazione sismica: le due strutture a T sono considerate collaboranti nel resistere alle azioni orizzontali

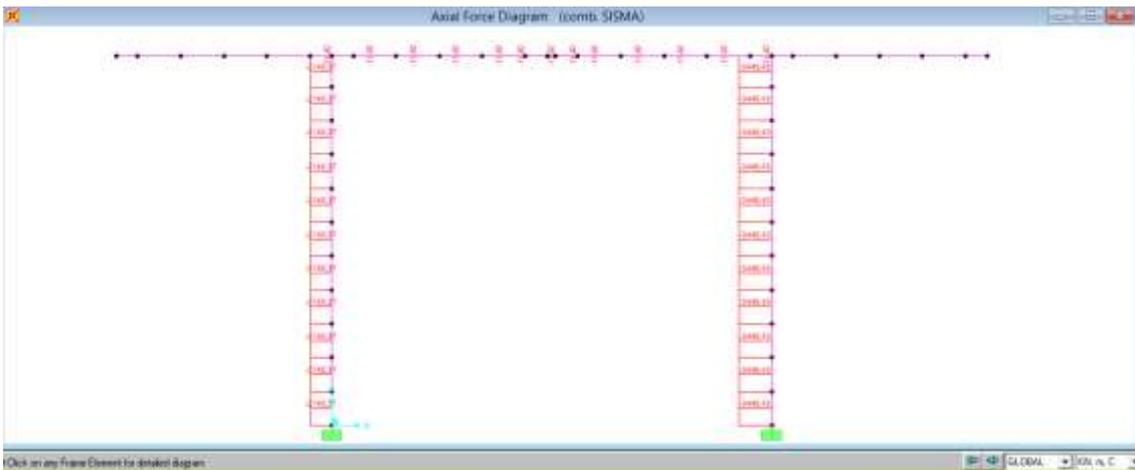
Le azioni sollecitanti alla base del fusto risultano essere pari a:

$$N = - (2.479,40 + 315 - 654,03) = - 2.140,37 \text{ kN}$$

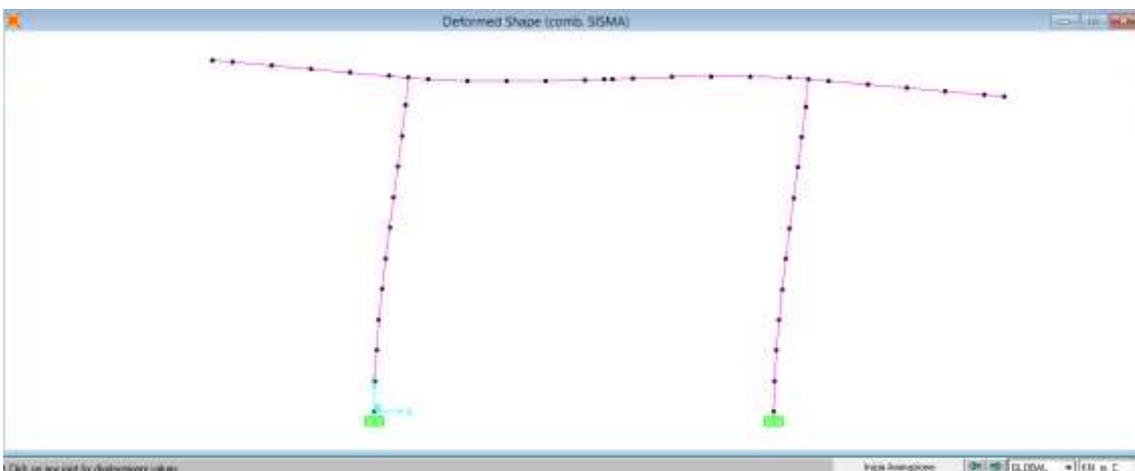
$$M_{22} = +6.165,68 \text{ kNm (lungo asse del pulvino)}$$



Azione flettente nelle pile [kNm]



Azione assiale nelle pile [kN]

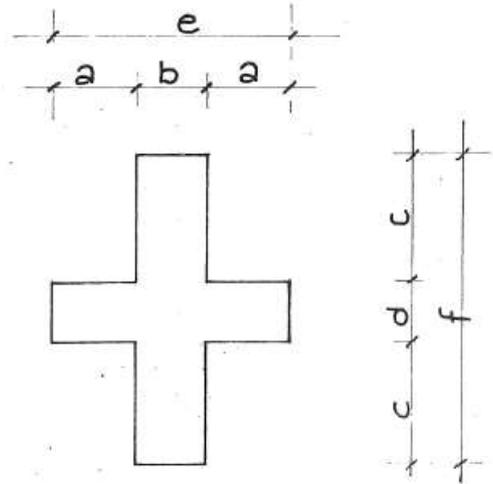


Deformata sismica

Si esegue la verifica a pressoflessione retta della sezione **base del fusto** avente dimensioni:

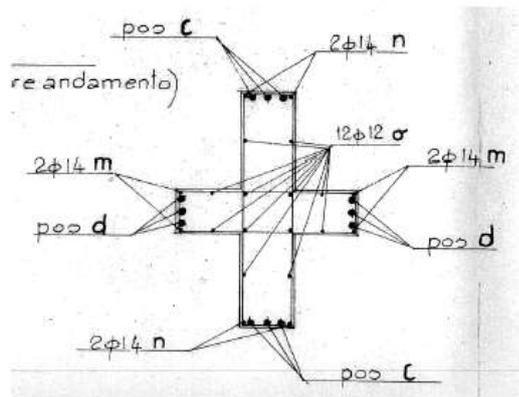
Verifica a pressoflessione deviata:

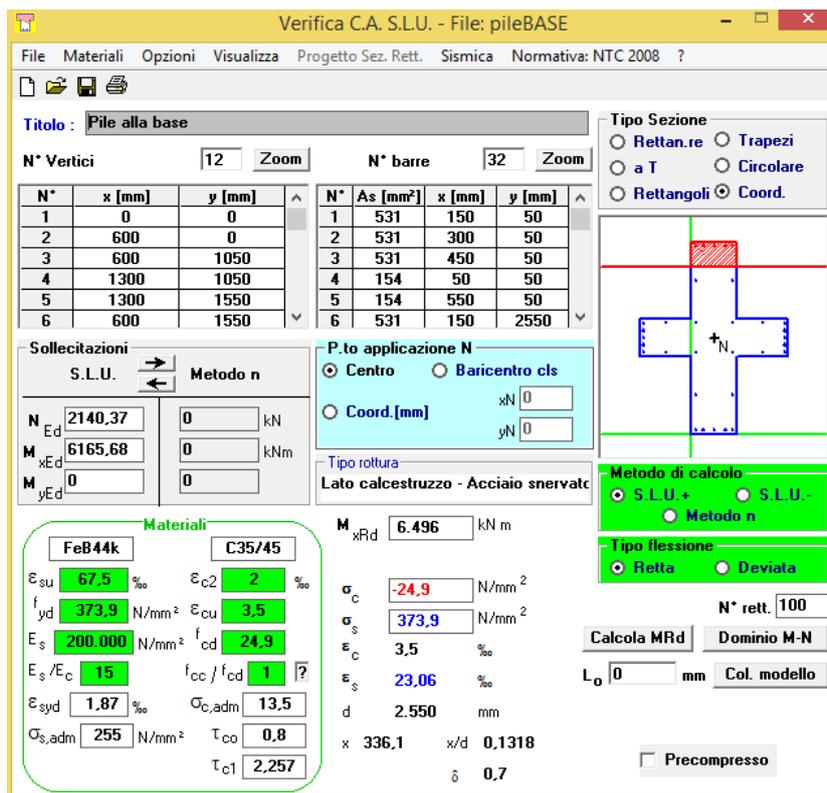
SEZIONE	e (cm)	200
	f (cm)	260 lungo asse pulvino
	a (cm)	70
	b (cm)	60
	c (cm)	105
	d (cm)	50



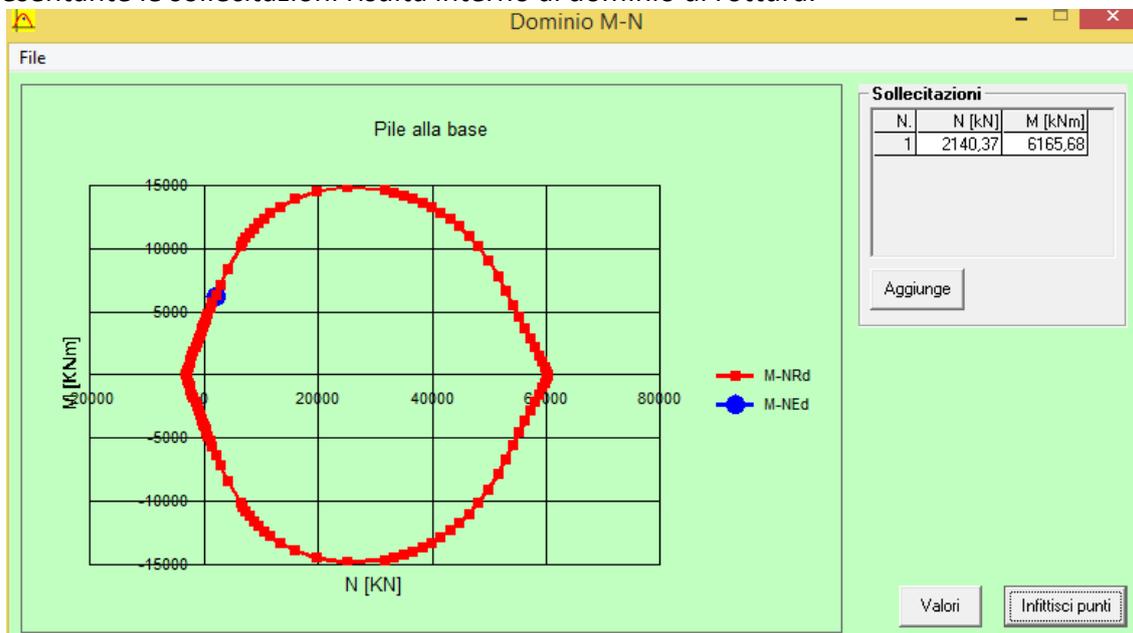
Le armature sono desunte dalla tavola 3, redatta dall'ing. Edoardo Terzi il 7 giugno 1975.

ARMATURA	pos c	3 ϕ 26	(copri ferro 3 cm)
	pos d	3 ϕ 22	(copri ferro 3 cm)
	pos m	2 ϕ 14	(copri ferro 3 cm)
	pos n	2 ϕ 14	(copri ferro 3 cm)
	pos o	12 ϕ 12	(copri ferro 3 cm) trascurati nelle verifiche





Nella figura sottostante si riporta il dominio di resistenza della sezione di base della pila: il punto rappresentante le sollecitazioni risulta interno al dominio di rottura.



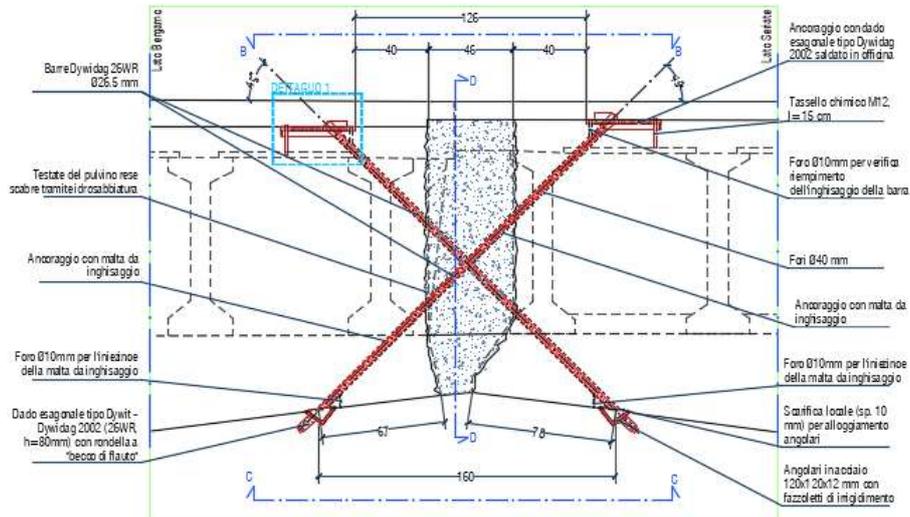
Il rapporto di sfruttamento η è risultato pari a $0,95 < 1,00$.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

I momenti sismici che nascono nelle pile e nei pulvini risultano soddisfare le singole verifiche sezionali agli SLU.

8. VERIFICHE DEL COLLEGAMENTO TRA I PULVINI

Di seguito si riportano le verifiche del collegamento dei pulvini:



L'azione di taglio sollecitante il collegamento è pari a $V_{Ed} = 658,32$ kN:

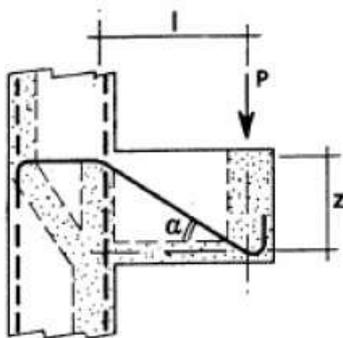


Azione di taglio tra i pulvini [kN]

Secondo le NTC.....

“Per gli elementi per cui non valgono i modelli meccanici semplici, le verifiche di sicurezza possono essere condotte con riferimento a schematizzazioni basate sull'individuazione di tiranti e puntone.”

Il collegamento può essere schematizzato come una mensola tozza con meccanismo tirante-puntone costituito da un tirante inclinato ed un puntone inferiore, come riportato dalla figura seguente:



Attraverso l'equilibrio del nodo sul quale viene trasmessa la quota parte di carico si ottiene il corrispondente contributo di portanza in termini di resistenza dell'armatura

$$P_{Rs} = A'_s f_{sd} \chi \text{sen} \alpha$$

che deve risultare non maggiore della resistenza del puntone compresso:

$$P_{Rc} = 0,2 \chi b d \chi f_{cd} \text{tg} \alpha \geq P_{Rs}$$

Per il caso in oggetto, in cui il collegamento per ogni pulvino è garantito da 3 barre $\Phi 26.5$ in acciaio e riempimento con calcestruzzo fibrorinforzato per tutta la larghezza dell'anima, si ha:

$$P_{Rs} = A'_s f_{sd} \chi \text{sen} \alpha = 1.653 \times 826 \times 0,707 / 1.000 = 996 \text{ kN} > V_{Ed} = 658,32 \text{ kN}$$

dove:

$$\alpha = 45^\circ \text{sen} \alpha = 0,707$$

$$A'_s = 3 \times A_{\Phi 26.5} = 3 \times 551 = 1.653 \text{ mm}^2$$

$$f_{sd} = f_{yk} / \gamma_s = 950 / 1,15 = 826 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{Rc} = 0,2 \chi b d \chi f_{cd} \text{tg} \alpha = 0,2 \times 600 \times 1.260 \times 18,81 \times 1,00 / 1.000 = 2.844,58 \text{ kN} > P_{Rs} > V_{Ed} = 658,32 \text{ kN}$$

dove:

$$\alpha = 45^\circ \text{tg} \alpha = 1,00$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$d = 0,90 \chi z = 0,90 \times 1.400 = 1.260$$

$$f_{cd} = 0,83 \times 0,85 \times R_{ck} / \gamma_c = 0,83 \times 0,85 \times 40 / 1,50 = 18,81 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta quando $V_{Ed} < P_{Rs} < P_{Rc}$ e per il caso in oggetto si ha:

la resistenza del tirante P_{Rs} è risultata pari 992 kN **maggiore** del taglio sollecitante $V_{Ed} = 658 \text{ kN}$ e **minore** della resistenza del puntone compresso (pari $P_{Rc} = 2.844 \text{ kN}$)

Le verifiche risultano pertanto soddisfatte.

VERIFICA SEZIONE S5

Le caratteristiche geometriche dei pulvini sono state desunte dalle tavole di progetto.

L'azioni di taglio sollecitante la sezione di estremità dei pulvini è pari a:

$$V_{Ed} = 658,32 \text{ kN}$$

Utilizzando il foglio di calcolo in excel alle NTC08, la verifica a taglio fornisce:

VERIFICA A TAGLIO ALLO S.L.U.

Inserire i singoli Tagli sollecitanti in esercizio SLE
oppure direttamente il Taglio sollecitante V_{Ed} allo SLU

$$\text{Taglio pesi propri SLE} = 0,00 \text{ kN}$$

$$\text{Taglio permanente SLE} = 0,00 \text{ kN}$$

$$\text{Taglio accidentale SLE} = 0,00 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

Taglio V_{Ed} allo SLU

$$V_{Ed} = 658,32 \text{ kN}$$

calcestruzzo = C35/45

$$R_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$f_{ck} = 37,35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 24,90 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctm} = 3,35 \text{ N/mm}^2$$

acciaio = B450C

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$$

larghezza sezione

$$b_w = 600 \text{ mm}$$

$$\text{altezza totale } h = 1530 \text{ mm}$$

copriferro trazione

$$c = 80 \text{ mm}$$

$$d = 1450 \text{ mm}$$

$$A = 918000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{cp} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{diametro staffe} = 14 \text{ mm}$$

passo staffe s = 200 mm

bracci = 2

$A_{sw} = 307,88 \text{ mm}^2$

$A_{sw,min} = 900,00 \text{ mm}^2/m$

$A_{sw,min} = 180,00 \text{ mm}^2/\text{passo}$ OK

passo s

max = 1160,00 mm OK

78

CALCOLO: Ricavo ϑ uguagliando il taglio sollecitante alla resistenza a taglio-compressione:

$$\vartheta = 1/2x[\text{arsen}(2xV_{Ed}/\alpha_c/f'_{cd}/b_w/d)]$$

$\vartheta = 3,88^\circ$

$\text{ctg}\vartheta = 14,740$

max $\text{ctg}=2,5$

$21,80^\circ$

$\alpha = 90$

inclinazione staffe

$\alpha_c = 1$

1

$f'_{cd} = 12,45 \text{ N/mm}^2$

1

NO

NO

n° ferri piegati = 0

passo s = 100 mm

diametro ferri

piegati = 10 mm

$A_{sw} = 0,00 \text{ mm}^2$

$\alpha = 45$

inclinazione ferri

Con riferimento armatura trasversale:

$V_{Rsd} = 1965,22 \text{ kN}$ staffe

$V_{Rsd} = 0,00 \text{ kN}$ ferri piegati

$V_{Rsd} = 1965,22 \text{ kN}$ totale

Con riferimento al calcestruzzo d'anima:

$V_{Rcd} = 3361,50 \text{ kN}$

La resistenza al taglio è pari a:

$V_{Rd} =$

1965,22 kN

OK

Poiché $V_{Rd} = 1.965 \text{ kN} > V_{Ed} = 658 \text{ kN}$, le verifiche risultano pertanto soddisfatte.

9. CONCLUSIONI

A seguito dei calcoli e delle verifiche sopra illustrati, si può concludere quanto segue:

- utilizzando la teoria del Massonnet si è potuto ripartire trasversalmente i carichi accidentali tra le varie travi longitudinali in maniera più adeguato al comportamento a piastra dell'impalcato intero;
- tale ripartizione ha consentito di ottenere sollecitazioni di taglio-torsione, per i soli sovraccarichi accidentali, inferiori a circa il 30% rispetto a quelli valutati in precedenza;
- tale riduzione e l'utilizzo di una classe di calcestruzzo ricavato dai risultati delle prove di schiacciamento sulle carote (C35/45) hanno portato a soddisfare le verifiche a torsione del pulvino;
- l'utilizzo di una classe di calcestruzzo in linea con i risultati delle prove di schiacciamento sulle carote (C35/45) e di tutte le armature presenti nella sezione resistente hanno portato a soddisfare le verifiche a pressoflessione deviata della sommità delle pile;
- l'utilizzo del collegamento trasversale tra i pulvini dei due viadotti ha consentito di soddisfare le verifiche sismiche delle pile.

COMUNE DI BERGAMO

Area: Politiche del Territorio

Direzione: Strade, Servizi a Rete e Opere Idrauliche

Servizio: Strade e Parcheggi

Via Quarenghi, 33/35

24100 Bergamo

**INTERVENTO STRAORDINARIO
DI SISTEMAZIONE DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE
2° LOTTO**

Progetto Definitivo

CUP H17H17000330004 - CIG 8461833D78

**A04 - PRIME INDICAZIONI E DISPOSIZIONI
PER IL PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO**

DICEMBRE 2020

prof. ing. Lorenzo Jurina (CAPOGRUPPO)

Quartiere Aurelia, 29 - 20051 Cassina de' Pecchi (MI)

tel: 02.95.29.91.67

Ordine Ingegneri di Milano n. 10893

studio.jurina@jurina.it

ing. arch. Andrea Antonio Bassoli

via Rimini, 23 - 20142 Milano

tel: +39 328.83.92.917

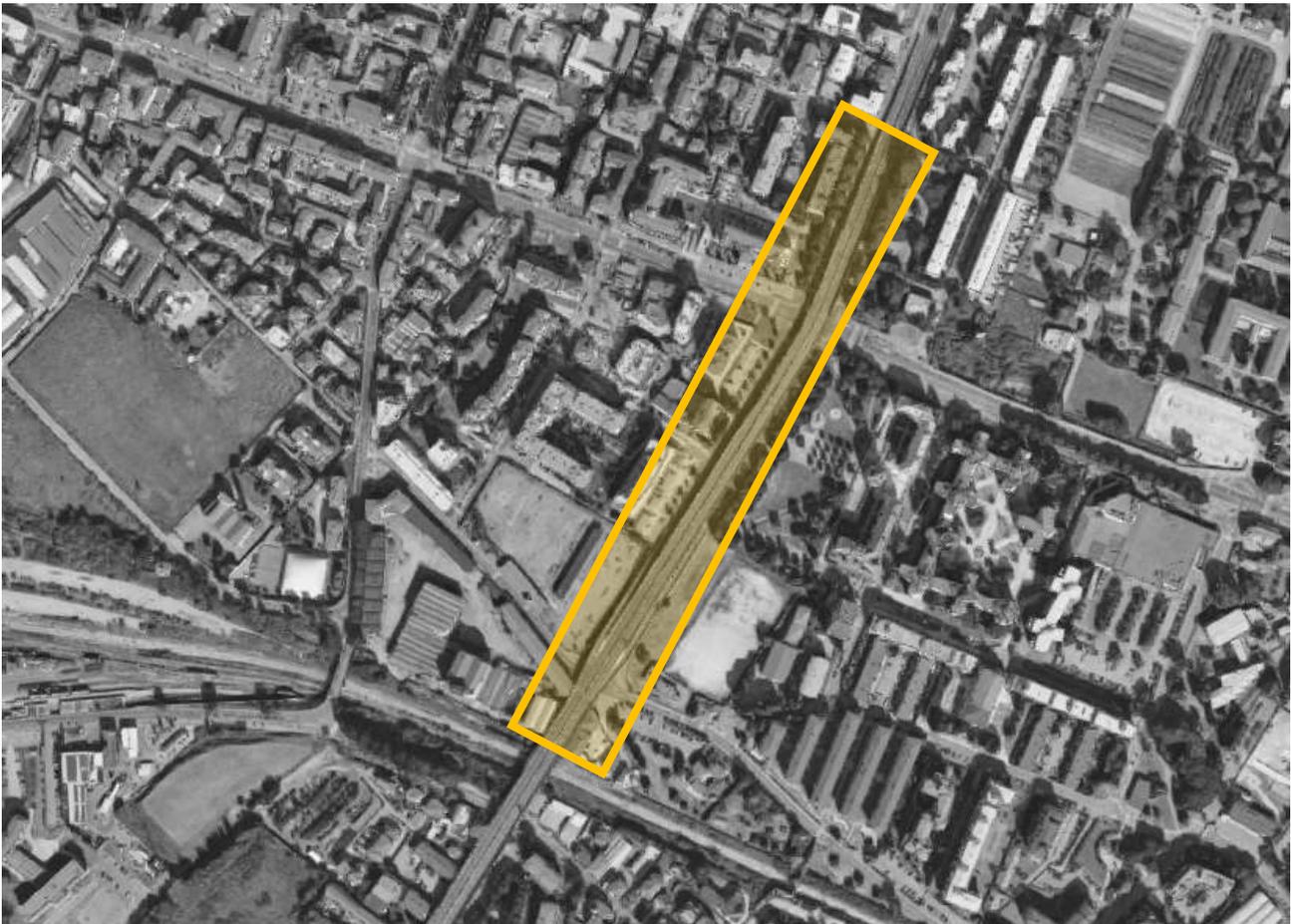
Ordine Ingegneri di Milano n. A27178

Ordine Architetti di Milano n. 19216

andrea.bassoli@gmail.com

La presente relazione illustra le opere progettate per il ripristino di una parte del viadotto di Boccaleone a Bergamo, in particolare il tratto di cui si prevedono le opere è quello compreso tra le vie traverse P. Rovelli e Trieste.

Le opere progettate rientrano nell'"Intervento straordinario di sistemazione del viadotto di Boccaleone - 2° lotto", (CUP) H17H17000330004, e riguardano la progettazione definitiva ed esecutiva delle opere necessarie al ripristino degli elementi in c.a., delle opere necessarie a rispondere alle sollecitazioni sismiche e alle opere necessarie alla realizzazione di nuovi giunti di dilatazione tra le campate, oltre al ripristino del sistema di smaltimento delle acque meteoriche. Inoltre si presenteranno gli elaborati redatti ai fini del coordinamento sicurezza in fase di progettazione e della prestazione accessoria relativa all'esecuzione di rilievo planoaltometrico.



Vista satellitare del cavalcavia Boccaleone con evidenziata l'area di interesse degli interventi

Si forniscono in questa sede le indicazioni per la stesura dei piani di sicurezza per la realizzazione dell'opera progettata.

In primo luogo si deve evidenziare l'interferenza con RFI, ovvero la difficoltà di operare su un manufatto che interessa, per una limitata parte, un'area soprastante il traffico ferroviario. In questo caso dovranno essere valutate le possibili azioni da mettere in campo per ridurre al minimo le tempistiche sulle aree che interferiscono con la ferrovia, in modo da limitare il più possibile il rallentamento della linea, causa inevitabile per garantire la sicurezza verso l'esterno dell'area di cantiere. In fase di stesura del Piano della Sicurezza e in fase esecutiva del progetto si verificherà la fattibilità di limitare l'intervento, nella zona di attraversamento sul tratto ferroviario, alla sola sostituzione dei giunti.

Ulteriori interferenze da governare saranno quelle legate alla natura dell'oggetto interessato, che richiede il mantenimento, anche se parziale, del suo utilizzo; infatti non si ritiene possibile operare interrompendo la viabilità, né carrabile, né pedonale. Si dovrà pertanto programmare un'interruzione parziale con restringimenti di carreggiata per non interrompere completamente le arterie di comunicazione. Sarà sempre garantito il transito sul viadotto con un restringimento della carreggiata durante le fasi più delicate del cantiere, in particolare durante l'esecuzione dei giunti.

Il contesto esterno alla sede carrabile presenta problematiche legate alle interferenze con i luoghi adibiti a usi domestici, si dovrà prevedere un adeguato livello di sicurezza verso l'esterno del cantiere. Per quanto riguarda l'uso dei materiali previsti, la scelta progettuale è stata favorita anche dalla facilità e dalla velocità di messa in opera dei rinforzi strutturali, che riduce il rischio di esposizione a potenziali pericoli. Tuttavia, in un'ottica di programmazione dei lavori, si ritiene possibile la realizzazione di alcune opere nelle ore notturne, pertanto si dovranno prevedere delle opere provvisorie che garantiscano un adeguato livello di visibilità del cantiere all'interno e da e verso l'esterno.

Cassina de' Pecchi, 20 dicembre 2020

COMUNE DI BERGAMO

Area: Politiche del Territorio

Direzione: Strade, Servizi a Rete e Opere Idrauliche

Servizio: Strade e Parcheggi

Via Quarenghi, 33/35

24100 Bergamo

**INTERVENTO STRAORDINARIO
DI SISTEMAZIONE DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE
2° LOTTO**

Progetto Definitivo

CUP H17H17000330004 - CIG 8461833D78

A05 – ELENCO PREZZI UNITARI

DICEMBRE 2020

prof. ing. Lorenzo Jurina (CAPOGRUPPO)

Quartiere Aurelia, 29 - 20051 Cassina de' Pecchi (MI)

tel: 02.95.29.91.67

Ordine Ingegneri di Milano n. 10893

studio.jurina@jurina.it

ing. arch. Andrea Antonio Bassoli

via Rimini, 23 - 20142 Milano

tel: +39 328.83.92.917

Ordine Ingegneri di Milano n. A27178

Ordine Architetti di Milano n. 19216

andrea.bassoli@gmail.com

ELENCO PREZZI

OGGETTO: "Intervento straordinario di sistemazione del viadotto di Boccaleone - 2° lotto"
CUP H17H17000330004 - CIG 8461833D78.

COMMITTENTE: Comune di Bergamo

Milano, 20/12/2020

IL TECNICO

RTP prof.ing.Lorenzo_Jurina -
ing.arch.Andrea_A._Bassoli

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	P R E Z Z O UNITARIO
Nr. 1 A.003.027.d	DEMOLIZIONE GIUNTI DI DILATAZIONE DEMOLIZIONE DI GIUNTO ESISTENTE mediante l'asportazione, con mezzi demolitori adeguati ad aria compressa, del manufatto esistente, l'accurata pulizia dello spazio tra le due solette contigue, il ripristino dei bordi con malta reoplastica o materiale epossidico, compreso la sistemazione delle armature metalliche deteriorate o quanto altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte euro (settantacinque/32)	ml	75,32
Nr. 2 A15027	Rete in fibra sintetica, per la protezione delle impalcature edili in vista, posta in opera compreso lo smontaggio a fine lavori euro (tre/49)	mq	3,49
Nr. 3 A35019	Malta cementizia premiscelata, polimero-modificata, superfluida, espansiva, a ritiro compensato, a rischio fessurativo nullo, con elevate resistenze meccaniche a breve termine, per ancoraggi a durabilità garantita di elementi metallici in strutture in calcestruzzo, conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla UNI EN 1504-6 (prodotti per ancoraggio) e dalla UNI EN 1504-3 per malte strutturali di classe R4 di tipo CC e PCC euro (cinque/01)	dmc	5,01
Nr. 4 A95009	Barre di acciaio inossidabile nervato, AISI 304L, con carichi di snervamento e rottura a trazione pari rispettivamente a 44 kg/mm ² e 55 kg/mm ² , per esecuzione di cuciture a consolidamento di murature lesionate, fornite e poste in opera nelle predisposte sedi e fissate con fluido cementizio, da pagarsi a parte, compreso lo sfrido ed il taglio a misura per qualsiasi Ø delle barre euro (nove/06)	kg	9,06
Nr. 5 A95093a	Rinforzo strutturale di elementi in cemento armato e cemento armato precompresso per confinamento pilastri, rinforzo nodi travi-pilastri, mediante l'utilizzo di sistema composito con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 201 fissati su microrete in fibra di vetro, resistenza a trazione > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 1,50 %; area effettiva di un trefolo 3 x 2 (5 fili)= 0,538 mm ² ; con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO 17832/2009, compresa bagnatura a rifiuto del supporto, stesura dei due strati di adesivo minerale epossidico eco-compatibile in gel, conforme ai requisiti prestazionali richiesti della norma EN 1504-4, senza primer di aggrappo; euroclasse di reazione al fuoco C-s2, d0(EN 13501-1); emissione di sostanze organiche volatili EC1; resistenza a trazione adesiva su calcestruzzo con tessuti di rinforzo in fibra di acciaio galvanizzato in singolo e doppio strato > 4 MPa (EN 24624); modulo elastico a flessione > 2500 MPa (EN ISO 178) con interposto tessuto; esclusi eventuale trattamento di ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari, l'eventuale bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato, i dispositivi di ancoraggio mediante connettori o piastre metalliche, le prove di accettazione del materiale e le indagini pre e post-intervento; compreso eventuale strato di riempimento in calcestruzzo per rendere la superficie di intervento complanare alle limitofe superficiali, onde consentire la realizzazione di finiture ed impermeabilizzazioni: con tessuto del peso netto di fibra di circa 2000 g/m ² ; n. trefoli per cm = 4,72; spessore equivalente del nastro = 0,254 mm; spessore totale 10-16 mm euro (duecentosedici/04)	m2	216,04
Nr. 6 B.007.055.a	GIUNTO DI DILATAZIONE TIPO "PETTINE D'ACCIAIO CORTEN" fornitura e posa in opera di giunto di dilatazione ed impermeabilità a livello della pavimentazione stradale del tipo "a pettine" realizzato in acciaio CORTEN S355J2 WP, adatto ad assorbire e permettere scorrimenti di impalcati da 50 a 1000 mm sia per strutture continue che collegate a cerniera. Compresi e compensati nel prezzo: - l'eventuale taglio con idonea segatrice a disco della pavimentazione, per tutta la larghezza e lunghezza necessarie, demolizione e trasporto a discarica, la preparazione dell'estradosso delle solette interessate al giunto, mediante bocciardatura spinta a qualsiasi profondità, lavaggio delle superfici, soffiatura con aria compressa, la fornitura e posa di un tubo di drenaggio per la raccolta delle acque provenienti dall'interno delle pavimentazioni, da porre in opera a monte o a valle del giunto; - il getto di malta di resina epossidica, avente opportuna granulometria, con funzione di cuscinetto tra soletta e l'intradosso della struttura formante il giunto vero e proprio per uno spessore massimo di 8 cm, la fornitura e posa della gabbia di armatura del getto di malta, l'ancoraggio della gabbia alla soletta eseguito secondo le indicazioni della D.L.; - la fornitura e la posa in opera del giunto di dilatazione vero e proprio, completo di ancoraggi alle solette e collanti vari secondo quanto specificato nei disegni dalla ditta fornitrice e quanto ordinato dalla D.L.; - il sistema di ancoraggio realizzato con tirafondi di idonea sezione e lunghezza; - la scossalina di drenaggio in neoprene armata o acciaio inox, con maglia quadra di juta imputrescibile, fissata ai bordi da collegare a mezzo adesivo epossidico, previa raschiatura e pulitura delle superfici di ancoraggio; - i pettini contrapposti in acciaio CORTEN S355J2 WP, di idonee dimensioni da fissare al sottostante sistema di ancoraggio mediante bulloni d'acciaio inossidabile a scomparsa nel pettine; - il massello di raccordo alla pavimentazione realizzato con malta epossidica ad altissima resistenza alla compressione e all'abrasione esteso fino a profondità massima di 10 cm. Ogni altro onere per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte secondo le indicazioni della D.L. - PER SCORRIMENTO FINO A MM 50 euro (settectentodiciannove/43)	ml	719,43
Nr. 7 B.007.060.a	GIUNTO DI CORDOLO E MARCIAPIEDE fornitura e posa in opera di giunto adatto ad assorbire scorrimenti degli impalcati di mm 50-100-200- 300-400-600-700-800-900-1000 costituito da: - scossalina di raccolta acque in gomma o hypalon; - lamiera striata in acciaio opportunamente sagomata e forata, comprensiva di viti , bussole ecc., per il fissaggio al cordolo e protetta dalla corrosione mediante zincatura a caldo. Ogni altro onere per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte secondo le indicazioni della D.L. - PER SCORRIMENTO FINO A MM 50 euro (centosestanta/38)	ml	170,38
Nr. 8 B.009.020.2	SISTEMAZIONE FERRI DI ARMATURA PASSIVAZIONE DEI FERRI DI ARMATURA eseguita mediante applicazione di malta cementizia monocomponente penetrabile a base di leganti idraulici, polveri silicee, inibitori di corrosione e dispersione di polimeri acrilici euro (tre/21)	m ²	3,21
Nr. 9 B.009.125.a	PROTEZIONE DI SUPERFICI IN CALCESTRUZZO NUOVO O RIPRISTINATO con ciclo ad alta durabilità con finiture fluorurate in tinta eventualmente con caratteristiche antigraffiti. Ciclo protettivo ad alta durabilità con strato di finitura costituito da pittura poliuretana fluorurata bicomponente ad alto tenore di fluoro e basso contenuto di sostanze organiche volatili. Nel caso di calcestruzzo ammalorati con zone di distacco e presenza di ferri con evidenti fenomeno di degrado, dovranno essere eseguite tutte le operazioni di ripristino da pagarsi a parte. Il ciclo da applicare sul supporto nuovo o risanato, dovrà essere il seguente: 1. idrolavaggio a media		

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	PREZZO UNITARIO
	pressione (> 25 MP) per rimuovere sporco ed eventuali residui di pitture incoerenti; 2. applicazione a spruzzo airless, irroratrice o rullo, di primer silossanico antisale; il prodotto dovrà essere formulato con polimeri silossanici e microdispersioni acriliche ad alta penetrazione, subito dopo l'applicazione il supporto deve risultare idrorepellente (effetto perlante); 3. applicazione a spruzzo airless o rullo, su tutta la superficie di pittura di fondo bicomponente acril- poliuretano all'acqua; spessore minimo > 40 micron DFT; 4. applicazione a spruzzo airless o rullo, su tutta la superficie di pittura di finitura poliuretano fluorurata bicomponente a solvente; spessore minimo > 40 micron DFT. Oltre ai valori specificati i rivestimenti devono soddisfare i requisiti previsti dalla norma UNI EN 1504-2 e dotati di marcatura CE, con livello di valutazione e verifica della Costanza della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal regolamento U.E. n° 305/2011. Controlli in corso d'opera: a) prima della verniciatura: - verifica dell'alcalinità superficiale del supporto: pH < 12; il supporto deve essere asciutto; b) durante la verniciatura: - misurare e registrare l'umidità dell'ambiente, la temperatura dell'aria e del supporto e lo spessore umido di pittura applicata; c) controlli finali: - adesione > 0,8 MPa secondo UNI EN 1542 (dopo 15 giorni dall'applicazione) con rottura del supporto; - rottura del supporto. Il prodotto deve essere marcato CE ai sensi della UNI EN 1504-2 con il sistema di Valutazione e Verifica della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento U.E. 305/11. Esclusi i ponteggi ma compreso ogni altro onere per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte e secondo le disposizioni della D.L. disponibile in qualsiasi colore cartella RAL. Il ciclo protettivo dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche prestazionali: - Permeabilità vapor d'acqua Sd < 3 m (UNI EN 7783); - Permeabilità acqua liquida W = 0,01 kg • m-2 • h-0,5 (UNI EN 1062-3); - Permeabilità alla CO2 Sd > 600 m (UNI EN 1062-6); - Aderenza al cls = 0,8 MPa (UNI EN 1542). Temperatura di applicazione: come da scheda tecnica. Spessore: min > 80 micron garantendo la omogeneità cromatica. In caso di colori aventi bassa copertura quali alcuni gialli ecc, lo spessore complessivo del rivestimento non dovrà superare 120 micron DFT. - Compatibilità termica misurata come adesione (UNI EN 1542), dopo 50 cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti, (UNI EN 13687) adesione = 0,8 MPa euro (ventisei/43)	m ²	26,43
Nr. 10 B.009.205	RAVVIVATURA DI STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO da eseguirsi a mezzo di idrosabbiatriche con acqua e sabbia in pressione e/o mediante sabbiatriche con solo sabbia silicea con pressioni massime di 400 Atm fino ad ottenere superfici bonificate, pulite e sgrassate, con ferri di armatura disossidati allo scopo di eliminare zone corticalmente poco resistenti o degradate che possano fungere da falso aggiramento ai successivi trattamenti. Compresi e compensati nel prezzo l'asportazione e l'allontanamento dei materiali di risulta, il rispetto di eventuali manufatti presenti (guard-rail, appoggi, ecc.) e quanto altro occorre per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte euro (nove/60)	m ²	9,60
Nr. 11 B.009.212	PRETRATTAMENTO SUPERFICI IN CLS PER CONTATTO FRA VECCHI E NUOVI GETTI delle superfici in calcestruzzo di opere d'arte e/o manufatti diversi esistenti, destinate al contatto tra vecchi e nuovi getti, con particolare soluzione acquosa di resine acrilico-viniliche stese a pennello, rullo o spruzzo, in ragione di 2-3 litri per metro quadrato, così da garantire la migliore adesione tra i getti vecchi e nuovi. Esclusi dal prezzo eventuali ponteggi, impalcature e/o attrezzature mobili necessarie per l'esecuzione del lavoro, mentre sono incluse le eventuali coperture semoventi installate a protezione del cantiere dagli eventi atmosferici, nonché ogni fornitura, attrezzatura complementare e magistero occorrenti. Per ogni metro quadrato di superficie trattata euro (venti/75)	m ²	20,75
Nr. 12 B.009.215.a	MALTE PRECONFEZIONATE ADDITIVATE CON POLIMERI l'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto (da computarsi a parte). Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e umido. Il prodotto deve essere marcato CE ai sensi della UNI EN 1504-3 con il sistema di Valutazione e Verifica della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento U.E. 305/11 fornitura e posa in opera di malta cementizia bicomponente polimero modificata con resine acriliche per la protezione, impermeabilizzazione e rasatura di strutture leggermente degradate in calcestruzzo. Il prodotto dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche prestazionali: - Aderenza al cls (UNI EN 1542) = 0,8 MPa; - Assorbimento capillare (UNI EN 13057) = 0,02 kg • m-2 • h-0,5; - Compatibilità termica misurata come adesione (UNI EN 1542), dopo 50 cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti, (UNI EN 13687) = 0,6 MPa; - Capacità di fare ponte alle fessure (crack bridging ability) misurata a 23°C (UNI EN 1062/7): - Statica: Classe A3 (apertura della fessura a 0,75 mm); - Dinamica: Classe B2 (apertura della fessura a 0,05 mm). Nel prezzo sono compresi la fornitura e posa in opera del materiale di riporto che dovrà presentare in opera un paramento perfettamente rasato e liscio euro (venticinque/57)	m ²	25,57
Nr. 13 B.009.220.1. a	MALTE PREMISCELATE fornitura e posa in opera di malta, contenente fibre sintetiche in poliacrilonitrile per la ricostruzione di strutture in calcestruzzo degradate. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto (da computarsi a parte). Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua, in uno spessore compreso tra 10 e 50 mm per strato. Il prodotto dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche prestazionali: - Resistenza a compressione a 28 gg = 55 MPa (UNI EN 12190); - Resistenza a compressione a 7 gg = 40 MPa (UNI EN 12190); - Resistenza a flessione a 28 gg = 8 MPa (UNI EN 196/1); - Resistenza a flessione a 7 gg = 6 MPa (UNI EN 196/1); - Modulo elastico a compressione a 28 gg tra 23 GPa ÷ 27 GPa (UNI EN 13412); - Aderenza al cls (UNI EN 1542) = 2 MPa; - Compatibilità termica misurata come adesione (UNI EN 1542), dopo 50 cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti, (UNI EN 13687) = 2 MPa; - Assorbimento capillare (UNI EN 13057) = 0,5 kg • m-2 • h-0,5. Il prodotto deve essere marcato CE ai sensi della UNI EN 1504-3 con il sistema di Valutazione e Verifica della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento U.E. 305/11. Compresi e compensati nel prezzo per dare il lavoro finito a regola d'arte - FINO AD UNO SPESSORE MAX DI CM 2 euro (settantadue/17)	m ²	72,17
Nr. 14 B.009.220.3	MALTE PREMISCELATE COLABILE RINFORZATA CON FIBRE INORGANICHE fornitura e posa in opera di malta ad espansione contrastata con maturazione in aria, contenente fibre sintetiche in poliacrilonitrile per la ricostruzione di strutture in calcestruzzo degradate. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto (da computarsi a parte). Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua mediante colaggio, nella sede opportunamente predisposta, in uno spessore compreso tra 10 e 50 mm per strato, senza l'ausilio di armature di contrasto. Il prodotto dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche prestazionali: - Resistenza a compressione a 28 gg = 60 MPa (UNI EN 12190); - Resistenza a compressione a 7 gg = 50 MPa (UNI EN 12190); - Resistenza a flessione a 28 gg = 9 MPa (UNI EN 196/1); - Resistenza a flessione a 7 gg = 7 MPa (UNI EN 196/1); - Modulo elastico a compressione a 28 gg tra 26 GPa ÷ 30 GPa (UNI EN 13412); - Aderenza al cls (UNI EN 1542) = 2 MPa; - Compatibilità termica misurata come adesione (UNI EN 1542), dopo 50 cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti, (UNI EN 13687) = 2 MPa; - Assorbimento capillare (UNI EN 13057) = 0,3 kg • m-2 • h-0,5; - Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno (UNI 8147) = 0,04%. Il prodotto deve essere marcato CE ai sensi della UNI EN 1504-3 con il sistema		

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	PREZZO UNITARIO
Nr. 15 B.009.220.4	di Valutazione e Verifica della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento U.E. 305/11. Compresi e compensati nel prezzo per dare il lavoro finito a regola d'arte euro (due/55)	dm ³	2,55
Nr. 16 E.001.040.c	MALTE PREMISCELATE COLABILE RINFORZATA CON FIBRE IN ACCIAIO fornitura e posa in opera di malta ad espansione contrastata con maturazione in aria, contenente fibre sintetiche in poliacrilonitrile per la ricostruzione di strutture in calcestruzzo degradate. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto (da computarsi a parte). Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua mediante colaggio, nella sede opportunamente predisposta, in uno spessore compreso tra 10 e 50 mm per strato, senza l'ausilio di armature di contrasto. Il prodotto dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche prestazionali: - Resistenza a compressione a 28 gg = 65 MPa (UNI EN 12190); - Resistenza a compressione a 7 gg = 50 MPa (UNI EN 12190); - Resistenza a flessione a 28 gg = 14 MPa (UNI EN 196/1); - Resistenza a flessione a 7 gg = 11 MPa (UNI EN 196/1); - Modulo elastico a compressione a 28 gg tra 25 GPa ÷ 29 GPa (UNI EN 13412); - Aderenza al cls (UNI EN 1542) = 2 MPa; - Compatibilità termica misurata come adesione (UNI EN 1542), dopo 50 cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti, (UNI EN 13687) = 2 MPa; - Assorbimento capillare (UNI EN 13057) = 0,3 kg • m-2 • h-0,5; - Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno (UNI 8147) = 0,04%. Il prodotto deve essere marcato CE ai sensi della UNI EN 1504-3 con il sistema di Valutazione e Verifica della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento U.E. 305/11. Compresi e compensati nel prezzo per dare il lavoro finito a regola d'arte PROFONDO - RISANAMENTO PER SPESSORI D'INTERVENTO DA 60 A 100 MM euro (tre/41)	dm ³	3,41
Nr. 17 F.001.013	FORNITURA E STESA DI GEOGRIGLIA CON MARCATURA CE per il rinforzo, confinamento di rilevati e terreni a struttura piana orientata in poliestere o polietilene o polipropilene o aramide o polivinilalcol, resistenti o protetti ai raggi u.v. con resistenza a trazione (secondo UNI EN 10319) variabili da 20 kN/m a 200 kN/m nella direzione di maggior resistenza data in opera su qualunque superficie, anche con battente d'acqua di altezza non superiore a cm50, stesa sullo strato di posa del terreno da rinforzare compresa la sovrapposizione dei rotoli per una fascia di almeno 30 cm. Tutte le ditte produttrici dei materiali impiegati dovranno essere in certificazione di sistema di qualità in conformità alle normative vigenti ISO-EN 9001. Compreso ogni altro onere e magistero per dare il lavoro a perfetta opera d'arte - CON RESISTENZA NELLA DIREZIONE DI MAGGIOR RESISTENZA FINO A 40 kN/m CON ALLUNGAMENTO MASSIMO DEL 13% euro (sette/07)	m ²	7,07
Nr. 18 H.001.004.d	RIMOZIONE DI STERPAGLIE ED ARBUSTI RADICATI IN BANCHINA O SCARPATA su pertinenze stradali o muri a secco, compreso ogni onere per il trasporto e il completo smaltimento, per dare il lavoro finito e completo a perfetta regola d'arte euro (uno/27)	m ²	1,27
Nr. 19 I.002.020	SEGNALETICA ORIZZONTALE DI RIPASSO CON VERNICE RIFRANGENTE A BASE ACQUA esecuzione di segnaletica orizzontale costituita da strisce rifrangenti longitudinali o trasversali rette o curve, semplici o affiancate, continue o discontinue, eseguita con vernice all'acqua, di qualsiasi colore, premiscelata con perline di vetro; compreso ogni onere per nolo di attrezzature, forniture di materiale, tracciamento, anche in presenza di traffico, la pulizia e la preparazione dalle zone di impianto prima della posa, l'installazione ed il mantenimento della segnaletica di cantiere regolamentare, il pilotaggio del traffico ed ogni altro onere per un lavoro eseguito a perfetta regola d'arte. Le caratteristiche fotometriche, colorimetriche e di resistenza al derapaggio dovranno essere conformi alle prescrizioni generali previste dalla norma UNI EN 1436/98 e a quanto riportato nelle norme tecniche del capitolato speciale d'appalto. Per ogni metro lineare effettivamente ricoperto per ogni metro lineare effettivamente ricoperto euro (zero/72)	ml	0,72
Nr. 20 I.002.105	FORNITURA E POSA IN OPERA DI CANALETTE IN LAMIERA ZINCATA di raccolta e convogliamento di acqua sull'intradosso delle murature di rivestimento della galleria, costituita da profilato di lamiera zincata dello spessore minimo 6/10 mm della larghezza cm100 sagomata opportunamente in maniera da consentire un doppio convogliamento delle acque di idonea rigidità, compresa la zincatura secondo le norme vigenti e la verniciatura a fuoco, compreso il fissaggio della canaletta a mezzo bulloni di idoneo diametro e lunghezza, compresa l'applicazione lungo i bordi terminali della lamiera di apposite guarnizioni in gomma idonee a garantire la tenuta idraulica, il collegamento a mezzo treccia di rame fra le canalette contigue per consentire la messa a terra, compresa altresì la messa a terra stessa secondo le norme CEI-ENPI, le impalcature necessarie alla posa medesima nonchè quant'altro sia necessario in pendenza delle situazioni particolari esistenti in galleria per il completamento del lavoro a perfetta regola d'arte euro (cinquanta/09)	ml	50,09
Nr. 21 I.002.110	BOCCHETTA DI RACCOLTA E SCARICO DI ACQUE DA IMPALCATI complesso di bocchetta per la raccolta e lo scarico di acque dalle pavimentazioni degli impalcati, sagomato a bocca di lupo e costituito dai seguenti elementi, forniture e magisteri: 1) caditoia modellata nel calcestruzzo della soletta, anche con scavo a scalpello manuale, con uso di malta additivata e mano di ancoraggio, sagomata in forma di vortice da monte, e raccordata alla superficie della soletta esistente, con eventuale adattamento dei ferri superficiali della soletta; 2) ripresa a caldo della impermeabilizzazione, comunque eseguita, per darvi continuità fino all'imbocco dello scarico; completamento della caditoia attraverso dispositivo per la raccolta dell'acqua proveniente da sotto impermeabilizzazione con accompagnamento dell'acqua stessa almeno a 10 cm sotto il compluvio con l'acqua proveniente dalla carreggiata; 3) griglia di protezione agganciata alla parte superiore della cordonata in modo da poterla togliere in corso di pulizie; 4) coppella di chiusura della bocca di lupo, ancorata alla cordonata del marciapiede o cordolo dell'impalcato. Il complesso può essere predisposto in fase di getto della soletta od eseguito a getto avvenuto e comprenderà ogni materiale, magistero ed onere per la raccolta delle acque dalla superficie dell'impalcato e dagli strati di pavimentazione ed il loro avvio alla caditoia di scarico delle acque euro (novantadue/22)	cad	92,22
Nr. 21 I.002.110	FORMAZIONE E RIPRISTINO DI SCARICHI ESISTENTI per il convogliamento delle acque di drenaggio e di superficie, su viadotti comprendente: - la foratura con corone diamantate della soletta ricostruita; - la svasatura dei fori con microdemolitori o frese; - la fornitura e la messa in opera di un elemento di raccordo inserito nella tubazione esistente costituito da un "imbuto" piatto di acciaio inox di spessore mm 2 e di diametro variabile da mm 300 al diametro del tubo esistente, accuratamente sigillato alla soletta con stucco epossidico, e sormontato senza soluzioni di continuità dallo strato protettivo della soletta stessa perimetrale; - la fornitura e posa in opera di "cipolle" parafiglia in filo di acciaio inox di diametro mm 2,50 euro (centocinquantesette/29)	cad	157,29

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	PREZZO UNITARIO
Nr. 22 I.002.115.c	<p>SCARICHI ACQUA PER IMPALCATI realizzati con tubazioni PVC ad alta durabilità di diametro variabile da cm10 a cm 30 dati in opera, compreso l'attacco con il complessivo di invito e raccolta delle acque dell'impalcato; lo scarico verrà eseguito a qualunque altezza, e portato a qualunque quota ed anche fino al terreno, ancorando le tubazioni alle murature con staffoni di acciaio inossidabile, completi di collari e bulloni pure di acciaio inox. Qualora la tubazione sua fatta terminare prima del terreno, si dovrà garantire che il flusso dell'acqua cadente, si svolga in modo da non investire superfici del manufatto, anche in presenza di vento, e che la tubazione termini ad una quota inferiore di almeno m 1,00 sotto il punto più basso dell'impalcato, con taglio a becco di flauto. Sono compresi: - tutti gli oneri di fornitura delle tubazioni e dei pezzi speciali occorrenti; - il loro accoppiamento a fusione, salvo quelli da eseguire con giunti di tenuta a freddo a mezzo di anelli di gomma stabilizzata; - gli ancoraggi alla struttura con staffe, collari e bulloni in acciaio inossidabile; - ogni altro onere e magistero necessario per eseguire lo scarico a qualunque altezza, sia in fase di costruzione dell'impalcato che a completamento avvenuto - DIAMETRO ESTERNO MM 160 euro (dodici/15)</p>	ml	12,15
	Milano, 20/12/2020		
	<p>Il Tecnico RTP prof.ing.Lorenzo_Jurina - ing.arch.Andrea_A._Bassoli</p>		

COMUNE DI BERGAMO

Area: Politiche del Territorio

Direzione: Strade, Servizi a Rete e Opere Idrauliche

Servizio: Strade e Parcheggi

Via Quarenghi, 33/35

24100 Bergamo

**INTERVENTO STRAORDINARIO
DI SISTEMAZIONE DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE
2° LOTTO**

Progetto Definitivo

CUP H17H17000330004 - CIG 8461833D78

A06 – COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

DICEMBRE 2020

prof. ing. Lorenzo Jurina (CAPOGRUPPO)

Quartiere Aurelia, 29 - 20051 Cassina de' Pecchi (MI)

tel: 02.95.29.91.67

Ordine Ingegneri di Milano n. 10893

studio.jurina@jurina.it

ing. arch. Andrea Antonio Bassoli

via Rimini, 23 - 20142 Milano

tel: +39 328.83.92.917

Ordine Ingegneri di Milano n. A27178

Ordine Architetti di Milano n. 19216

andrea.bassoli@gmail.com

COMPUTO ESTIMATIVO

OGGETTO: "Intervento straordinario di sistemazione del viadotto di Boccaleone - 2° lotto"
CUP H17H17000330004 - CIG 8461833D78.

COMMITTENTE: Comune di Bergamo

Milano, 20/12/2020

IL TECNICO

RTP prof.ing.Lorenzo_Jurina -
ing.arch.Andrea_A._Bassoli

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							
	LAVORI A MISURA							
	S.04 (SpCat 1)							
	S.04 - RIPRISTINO CA PILE (Cat 1)							
1 / 7 B.009.125.a	<p>PROTEZIONE DI SUPERFICI IN CALCESTRUZZO NUOVO O RIPRISTINATO con ciclo ad alta durabilità con finiture fluorurate in tinta eventualmente con caratteristiche antigraffiti. Ciclo protettivo ad alta durabilità con strato di finitura costituito da pittura poliuretanica fluorurata bicomponente ad alto tenore di fluoro e basso contenuto di sostanze organiche volatili. Nel caso di calcestruzzi ammalorati con zone di distacco e presenza di ferri con evidenti fenomeni di degrado, dovranno essere eseguite tutte le operazioni di ripristino da pagarsi a parte. Il ciclo da applicare sul supporto nuovo o risanato, dovrà essere il seguente: 1. idrolavaggio a media pressione (> 25 MP) per rimuovere sporco ed eventuali residui di pitture incoerenti; 2. applicazione a spruzzo airless, irroratrice o rullo, di primer silossanico antisale; il prodotto dovrà essere formulato con polimeri silossanici e microdispersioni acriliche ad alta penetrazione, subito dopo l'applicazione il supporto deve risultare idrorepellente (effetto perlante); 3. applicazione a spruzzo airless o rullo, su tutta la superficie di pittura di fondo bicomponente acril- poliuretano all'acqua; spessore minimo > 40 micron DFT; 4. applicazione a spruzzo airless o rullo, su tutta la superficie di pittura di finitura poliuretano fluorurata bicomponente a solvente; spessore minimo > 40 micron DFT. Oltre ai valori specificati i rivestimenti devono soddisfare i requisiti previsti dalla norma UNI EN 1504-2 e dotati di marcatura CE, con livello di valutazione e verifica della Costanza della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal regolamento U.E. n° 305/2011. Controlli in corso d'opera: a) prima della verniciatura: - verifica dell'alcalinità superficiale del supporto: pH < 12; il supporto deve essere asciutto; b) durante la verniciatura: - misurare e registrare l'umidità dell'ambiente, la temperatura dell'aria e del supporto e lo spessore umido di pittura applicata; c) controlli finali: - adesione > 0,8 MPa secondo UNI EN 1542 (dopo 15 giorni dall'applicazione) con rottura del supporto; - rottura del supporto. Il prodotto deve essere marcato CE ai sensi della UNI EN 1504-2 con il sistema di Valutazione e Verifica della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento U.E. 305/11. Esclusi i ponteggi ma compreso ogni altro onere per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte e secondo le disposizioni della D.L. disponibile in qualsiasi colore cartella RAL. Il ciclo protettivo dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche prestazionali: - Permeabilità vapor d'acqua Sd < 3 m (UNI EN 7783); - Permeabilità acqua liquida W = 0,01 kg • m-2 • h-0,5 (UNI EN 1062-3); - Permeabilità alla CO2 Sd > 600 m (UNI EN 1062-6); - Aderenza al cls = 0,8 MPa (UNI EN 1542). Temperatura di applicazione: come da scheda tecnica. Spessore: min > 80 micron garantendo la omogeneità cromatica. In caso di colori aventi bassa copertura quali alcuni gialli ecc, lo spessore complessivo del rivestimento non dovrà superare 120 micron DFT. - Compatibilità termica misurata come adesione (UNI EN 1542), dopo 50 cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti, (UNI EN 13687) adesione = 0,8 MPa SpCat 1 - S.04</p> <p>Cat 1 - S.04 - RIPRISTINO CA PILE</p> <p>trattamento delle superfici</p> <p>trattamento travi superficie intradosso *(par.ug.=10,00*2)</p> <p>trattamento travi superficie laterali</p>							
	SOMMANO m²					700,00		
		20,00	970,00	0,300	0,150	873,00		
		2,00	970,00	0,300	0,150	87,30		
						1'660,30	26,43	43'881,73
2 / 8 B.009.205	<p>RAVVIVATURA DI STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO da eseguirsi a mezzo di idrosabbiatriche con acqua e sabbia in pressione e/o mediante sabbiatriche con solo sabbia silicea con pressioni massime di 400 Atm fino ad ottenere superfici bonificate, pulite e sgrassate, con ferri di armatura disossidati allo scopo di eliminare zone corticalmente poco resistenti o degradate che possano fungere da falso aggiramento ai successivi trattamenti. Compresi e compensati nel prezzo l'asportazione e l'allontanamento</p>							
	A R I P O R T A R E							43'881,73

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							43'881,73
	dei materiali di risulta, il rispetto di eventuali manufatti presenti (guard-rail, appoggi, ecc.) e quanto altro occorre per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte SpCat 1 - S.04 Cat 1 - S.04 - RIPRISTINO CA PILE ripristini locali delle pile e del pulvini, ammolorati trattamento delle superfici trattamento travi superficie intradosso *(par.ug.=10,00*2) trattamento travi superficie laterali	20,00 2,00	970,00 970,00	0,300 0,300	0,150 0,150	700,00 873,00 87,30		
	SOMMANO m ²					1'660,30	9,60	15'938,88
3 / 9 B.009.212	PRETRATTAMENTO SUPERFICI IN CLS PER CONTATTO FRA VECCHI E NUOVI GETTI delle superfici in calcetruzzo di opere d'arte e/o manufatti diversi esistenti, destinate al contatto tra vecchi e nuovi getti, con particolare soluzione acquosa di resine acrilico-viniliche stese a pennello, rullo o spruzzo, in ragione di 2-3 litri per metro quadrato, così da garantire la migliore adesione tra i getti vecchi e nuovi. Esclusi dal prezzo eventuali ponteggi, impalcature e/o attrezzature mobili necessarie per l'esecuzione del lavoro, mentre sono incluse le eventuali coperture semoventi installate a protezione del cantiere dagli eventi atmosferici, nonché ogni fornitura, attrezzatura complementare e magistero occorrenti. Per ogni metro quadrato di superficie trattata SpCat 1 - S.04 Cat 1 - S.04 - RIPRISTINO CA PILE ripristini locali delle pile e del pulvini, ammolorati trattamento delle superfici trattamento travi superficie intradosso *(par.ug.=10,00*2) trattamento travi superficie laterali	20,00 2,00	970,00 970,00	0,300 0,300	0,150 0,150	700,00 873,00 87,30		
	SOMMANO m ²					1'660,30	20,75	34'451,22
4 / 10 B.009.020.2	SISTEMAZIONE FERRI DI ARMATURA PASSIVAZIONE DEI FERRI DI ARMATURA eseguita mediante applicazione di malta cementizia monocomponente penetrabile a base di leganti idraulici, polveri silicee, inibitori di corrosione e dispersione di polimeri acrilici SpCat 1 - S.04 Cat 1 - S.04 - RIPRISTINO CA PILE ripristini locali delle pile e del pulvini, ammolorati trattamento delle superfici trattamento travi superficie intradosso *(par.ug.=10,00*2) trattamento travi superficie laterali	20,00 2,00	970,00 970,00	0,300 0,300	0,150 0,150	700,00 873,00 87,30		
	SOMMANO m ²					1'660,30	3,21	5'329,56
5 / 11 B.009.220.1. a	MALTE PREMISCELATE fornitura e posa in opera di malta, contenente fibre sintetiche in poliacrilonitrile per la ricostruzione di strutture in calcestruzzo degradate. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto (da computarsi a parte). Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua, in uno spessore compreso tra 10 e 50 mm per strato. Il prodotto dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche prestazionali: - Resistenza a compressione a 28 gg = 55 MPa (UNI EN 12190); - Resistenza a compressione a 7 gg = 40 MPa (UNI EN 12190); - Resistenza a flessione a 28 gg = 8 MPa (UNI EN 196/1); - Resistenza a flessione a 7 gg = 6 MPa (UNI EN 196/1); - Modulo elastico a compressione a 28 gg tra 23 GPa ÷ 27 GPa (UNI EN 13412); - Aderenza al cls (UNI EN 1542) = 2 MPa; - Compatibilità termica misurata come adesione (UNI EN 1542), dopo 50 cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti, (UNI EN 13687) = 2 MPa; - Assorbimento capillare (UNI EN 13057) = 0,5 kg • m-2 • h-0,5. Il prodotto deve essere marcato CE ai sensi della UNI EN 1504-3 con il sistema di Valutazione e Verifica della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento U.E. 305/11. Compresi e compensati nel prezzo per dare il lavoro finito a regola d'arte - FINO AD UNO SPESSORE MAX DI CM 2							
	A R I P O R T A R E							99'601,39

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							99'601,39
	SpCat 1 - S.04 Cat 1 - S.04 - RIPRISTINO CA PILE ripristini locali delle pile e del pulvini, ammorati trattamento delle superfici trattamento travi superficie intradosso *(par.ug.=10,00*2) trattamento travi superficie laterali	700,00 20,00 2,00	970,00 970,00	0,300 0,300	0,500 0,150 0,150	350,00 873,00 87,30		
	SOMMANO m ²					1'310,30	72,17	94'564,35
6 / 2 A.003.027.d	V.03 (SpCat 2) V.03 - GIUNTI (Cat 2) DEMOLIZIONE GIUNTI DI DILATAZIONE DEMOLIZIONE DI GIUNTO ESISTENTE mediante l'asportazione, con mezzi demolitori adeguati ad aria compressa, del manufatto esistente, l'accurata pulizia dello spazio tra le due solette contigue, il ripristino dei bordi con malta reoplastica o materiale epossidico, compreso la sistemazione delle armature metalliche deteriorate o quanto altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte SpCat 2 - V.03 Cat 2 - V.03 - GIUNTI rimozione dei giunti di dilatazione esistenti *(par.ug.=2*13)	26,00	9,50			247,00		
	SOMMANO ml					247,00	75,32	18'604,04
7 / 3 B.007.055.a	GIUNTO DI DILATAZIONE TIPO "PETTINE D'ACCIAIO CORTEN" fornitura e posa in opera di giunto di dilatazione ed impermeabilità a livello della pavimentazione stradale del tipo "a pettine" realizzato in acciaio CORTEN S355J2 WP, adatto ad assorbire e permettere scorrimenti di impalcati da 50 a 1000 mm sia per strutture continue che collegate a cerniera. Compresi e compensati nel prezzo: - l'eventuale taglio con idonea segatrice a disco della pavimentazione, per tutta la larghezza e lunghezza necessarie, demolizione e trasporto a discarica, la preparazione dell'estradosso delle solette interessate al giunto, mediante bocciardatura spinta a qualsiasi profondità, lavaggio delle superfici, soffiatura con aria compressa, la fornitura e posa di un tubo di drenaggio per la raccolta delle acque provenienti dall'interno delle pavimentazioni, da porre in opera a monte o a valle del giunto; - il getto di malta di resina epossidica, avente opportuna granulometria, con funzione di cuscinetto tra soletta e l'intradosso della struttura formante il giunto vero e proprio per uno spessore massimo di 8 cm, la fornitura e posa della gabbia di armatura del getto di malta, l'ancoraggio della gabbia alla soletta eseguito secondo le indicazioni della D.L.; - la fornitura e la posa in opera del giunto di dilatazione vero e proprio, completo di ancoraggi alle solette e collanti vari secondo quanto specificato nei disegni dalla ditta fornitrice e quanto ordinato dalla D.L.; - il sistema di ancoraggio realizzato con tirafondi di idonea sezione e lunghezza; - la scossalina di drenaggio in neoprene armata o acciaio inox, con maglia quadra di juta imputrescibile, fissata ai bordi da collegare a mezzo adesivo epossidico, previa raschiatura e pulitura delle superfici di ancoraggio; - i pettini contrapposti in acciaio CORTEN S355J2 WP, di idonee dimensioni da fissare al sottostante sistema di ancoraggio mediante bulloni d'acciaio inossidabile a scomparsa nel pettine; - il massello di raccordo alla pavimentazione realizzato con malta epossidica ad altissima resistenza alla compressione e all'abrasione esteso fino a profondità massima di 10 cm. Ogni altro onere per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte secondo le indicazioni della D.L. - PER SCORRIMENTO FINO A MM 50 SpCat 2 - V.03 Cat 2 - V.03 - GIUNTI giunti di dilatazione *(par.ug.=10*2)	20,00	10,00			200,00		
	SOMMANO ml					200,00	719,43	143'886,00
	A R I P O R T A R E							356'655,78

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							356'655,78
8 / 4 B.007.060.a	GIUNTO DI CORDOLO E MARCIAPIEDE fornitura e posa in opera di giunto adatto ad assorbire scorrimenti degli impalcati di mm 50-100-200- 300-400-600-700-800-900-1000 costituito da: - scossalina di raccolta acque in gomma o hypalon; - lamiera striata in acciaio opportunamente sagomata e forata, comprensiva di viti , bussole ecc., per il fissaggio al cordolo e protetta dalla corrosione mediante zincatura a caldo. Ogni altro onere per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte secondo le indicazioni della D.L. - PER SCORRIMENTO FINO A MM 50 SpCat 2 - V.03 Cat 2 - V.03 - GIUNTI giunti di dilatazione *(par.ug.=2*20)	40,00	2,00			80,00		
	SOMMANO ml					80,00	170,38	13'630,40
9 / 5 E.001.040.c	FORNITURA E STESA DI GEOGRIGLIA CON MARCATURA CE per il rinforzo, confinamento di rilevati e terreni a struttura piana orientata in poliestere o polietilene o polipropilene o aramide o polivinilalcol, resistenti o protetti ai raggi u.v. con resistenza a trazione (secondo UNI EN 10319) variabili da 20 kN/m a 200 kN/m nella direzione di maggior resistenza data in opera su qualunque superficie, anche con battente d'acqua di altezza non superiore a cm50, stesa sullo strato di posa del terreno da rinforzare compresa la sovrapposizione dei rotoli per una fascia di almeno 30 cm. Tutte le ditte produttrici dei materiali impiegati dovranno essere in certificazione di sistema di qualità in conformità alle normative vigenti ISO-EN 9001. Compreso ogni altro onere e magistero per dare il lavoro a perfetta opera d' arte - CON RESISTENZA NELLA DIREZIONE DI MAGGIOR RESISTENZA FINO A 40 kN/m CON ALLUNGAMENTO MASSIMO DEL 13% SpCat 2 - V.03 Cat 2 - V.03 - GIUNTI giunti di dilatazione *(par.ug.=2*10)	20,00	10,00	1,200		240,00		
	SOMMANO m²					240,00	7,07	1'696,80
10 / 6 B.009.220.4	MALTE PREMISCELATE COLABILE RINFORZATA CON FIBRE IN ACCIAIO fornitura e posa in opera di malta ad espansione contrastata con maturazione in aria, contenente fibre sintetiche in poliacrilonitrile per la ricostruzione di strutture in calcestruzzo degradate. L' applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto (da computarsi a parte). Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua mediante colaggio, nella sede opportunamente predisposta, in uno spessore compreso tra 10 e 50 mm per strato, senza l'ausilio di armature di contrasto. Il prodotto dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche prestazionali: - Resistenza a compressione a 28 gg = 65 MPa (UNI EN 12190); - Resistenza a compressione a 7 gg = 50 MPa (UNI EN 12190); - Resistenza a flessione a 28 gg = 14 MPa (UNI EN 196/1); - Resistenza a flessione a 7 gg = 11 MPa (UNI EN 196/1); - Modulo elastico a compressione a 28 gg tra 25 GPa ÷ 29 GPa (UNI EN 13412); - Aderenza al cls (UNI EN 1542) = 2 MPa; - Compatibilità termica misurata come adesione (UNI EN 1542), dopo 50 cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti, (UNI EN 13687) = 2 MPa; - Assorbimento capillare (UNI EN 13057) = 0,3 kg • m-2 • h-0,5; - Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno (UNI 8147) = 0,04%. Il prodotto deve essere marcato CE ai sensi della UNI EN 1504-3 con il sistema di Valutazione e Verifica della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento U.E. 305/11. Compresi e compensati nel prezzo per dare il lavoro finito a regola d' arte PROFONDO - RISANAMENTO PER SPESSORI D'INTERVENTO DA 60 A 100 MM SpCat 2 - V.03 Cat 2 - V.03 - GIUNTI giunti di dilatazione *(par.ug.=2*10)*(lung.=7,5*10)*(larg.=0,800*10)*(H/peso=0,05*10)	20,00	75,00	8,000	0,500	6'000,00		
	SOMMANO dm³					6'000,00	3,41	20'460,00
	A R I P O R T A R E							392'442,98

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							392'442,98
11 / 1 F.001.013	<p style="text-align: center;">V.03 - VARIE (Cat 3)</p> <p>RIMOZIONE DI STERPAGLIE ED ARBUSTI RADICATI IN BANCHINA O SCARPATA su pertinenze stradali o muri a secco, compreso ogni onere per il trasporto e il completo smaltimento, per dare il lavoro finito e completo a perfetta regola d'arte SpCat 2 - V.03 Cat 3 - V.03 - VARIE rimozione delle sterpaglie presenti a bordo delle carreggiate * (par.ug.=970*2)</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO m²</p>	1940,00			1,500	2'910,00		
						2'910,00	1,27	3'695,70
12 / 17 A15027	<p>Rete in fibra sintetica, per la protezione delle impalcature edili in vista, posta in opera compreso lo smontaggio a fine lavori SpCat 2 - V.03 Cat 3 - V.03 - VARIE sostituzione della rete di protezione anti-volatili *(par.ug.=2*9)* (lung.=235,00-13*1,6)</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO mq</p>	18,00	214,20			3'855,60		
						3'855,60	3,49	13'456,04
13 / 18 I.002.110	<p>FORMAZIONE E RIPRISTINO DI SCARICHI ESISTENTI per il convogliamento delle acque di drenaggio e di superficie, su viadotti comprendente: - la foratura con corone diamantate della soletta ricostruita; - la svasatura dei fori con microdemolitori o frese; - la fornitura e la messa in opera di un "imbuto" piatto di acciaio inox di spessore mm 2 e di diametro variabile da mm 300 al diametro del tubo esistente, accuratamente sigillato alla soletta con stucco epossidico, e sormontato senza soluzioni di continuità dallo strato protettivo della soletta stessa perimetrale; - la fornitura e posa in opera di "cipolle" parafiglia in filo di acciaio inox di diametro mm 2,50 SpCat 2 - V.03 Cat 3 - V.03 - VARIE ripristino scarichi per nuove caditoie *(par.ug.=15*2)</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO cad</p>	30,00				30,00		
						30,00	157,29	4'718,70
14 / 19 I.002.105	<p>BOCCHETTA DI RACCOLTA E SCARICO DI ACQUE DA IMPALCATI complesso di bocchetta per la raccolta e lo scarico di acque dalle pavimentazioni degli impalcati, sagomato a bocca di lupo e costituito dai seguenti elementi, forniture e magisteri: 1) caditoia modellata nel calcestruzzo della soletta, anche con scavo a scalpello manuale, con uso di malta additivata e mano di ancoraggio, sagomata in forma di vortice da monte, e raccordata alla superficie della soletta esistente, con eventuale adattamento dei ferri superficiali della soletta; 2) ripresa a caldo della impermeabilizzazione, comunque eseguita, per darvi continuità fino all'imbocco dello scarico; completamento della caditoia attraverso dispositivo per la raccolta dell'acqua proveniente da sotto impermeabilizzazione, con accompagnamento dell'acqua stessa almeno a 10 cm sotto il compluvio con l'acqua proveniente dalla carreggiata; 3) griglia di protezione agganciata alla parte superiore della cordonata in modo da poterla togliere in corso di pulizie; 4) coppella di chiusura della bocca di lupo, ancorata alla cordonata del marciapiede o cordolo dell'impalcato. Il complesso può essere predisposto in fase di getto della soletta od eseguito a getto avvenuto e comprenderà ogni materiale, magistero ed onere per la raccolta delle acque dalla superficie dell'impalcato e dagli strati di pavimentazione ed il loro avvio alla caditoia di scarico delle acque SpCat 2 - V.03 Cat 3 - V.03 - VARIE ripristino scarichi per nuove caditoie *(par.ug.=15*2)</p>	30,00				30,00		
	A R I P O R T A R E					30,00		414'313,42

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O					30,00		414'313,42
15 / 20 I.002.115.c	SOMMANO cad SCARICHI ACQUA PER IMPALCATI realizzati con tubazioni PVC ad alta durabilità di diametro variabile da cm10 a cm 30 dati in opera, compreso l'attacco con il complessivo di invito e raccolta delle acque dell'impalcato; lo scarico verrà eseguito a qualunque altezza, e portato a qualunque quota ed anche fino al terreno, ancorando le tubazioni alle murature con staffoni di acciaio inossidabile, completi di collari e bulloni pure di acciaio inox. Qualora la tubazione sua fatta terminare prima del terreno, si dovrà garantire che il flusso dell'acqua cadente, si svolga in modo da non investire superfici del manufatto, anche in presenza di vento, e che la tubazione termini ad una quota inferiore di almeno m 1,00 sotto il punto più basso dell'impalcato, con taglio a becco di flauto. Sono compresi: - tutti gli oneri di fornitura delle tubazioni e dei pezzi speciali occorrenti; - il loro accoppiamento a fusione, salvo quelli da eseguire con giunti di tenuta a freddo a mezzo di anelli di gomma stabilizzata; - gli ancoraggi alla struttura con staffe, collari e bulloni in acciaio inossidabile; - ogni altro onere e magistero necessario per eseguire lo scarico a qualunque altezza, sia in fase di costruzione dell'impalcato che a completamento avvenuto - DIAMETRO ESTERNO MM 160 SpCat 2 - V.03 Cat 3 - V.03 - VARIE sostituzione tubazioni per scarico acque meteoriche *(par.ug.=15*2)					30,00	92,22	2'766,60
	SOMMANO ml					432,00		
		30,00	12,00		1,200	432,00		
						432,00	12,15	5'248,80
16 / 21 I.002.020	FORNITURA E POSA IN OPERA DI CANALETTE IN LAMIERA ZINCATA di raccolta e convogliamento di acqua sull'intradosso delle murature di rivestimento della galleria, costituita da profilato di lamiera zincata dello spessore minimo 6/10 mm della larghezza cm100 sagomata opportunamente in maniera da consentire un doppio convogliamento delle acque di idonea rigidezza, compresa la zincatura secondo le norme vigenti e la verniciatura a fuoco, compreso il fissaggio della canaletta a mezzo bulloni di idoneo diametro e lunghezza, compresa l'applicazione lungo i bordi terminali della lamiera di apposite guarnizioni in gomma idonee a garantire la tenuta idraulica, il collegamento a mezzo treccia di rame fra le canalette contigue per consentire la messa a terra, compresa altresì la messa a terra stessa secondo le norme CEI-ENPI, le impalcature necessarie alla posa medesima nonché quant'altro sia necessario in pendenza delle situazioni particolari esistenti in galleria per il completamento del lavoro a perfetta regola d'arte SpCat 2 - V.03 Cat 3 - V.03 - VARIE ripristino elementi di raccolta acque sui fianchi dei pulvini verso le proprietà primate *(par.ug.=8,00*2)					38,40		
	SOMMANO ml					38,40		
		16,00	2,00		1,200	38,40		
						38,40	50,09	1'923,46
17 / 22 H.001.004.d	SEGNALETICA ORIZZONTALE DI RIPASSO CON VERNICE RIFRANGENTE A BASE ACQUA esecuzione di segnaletica orizzontale costituita da strisce rifrangenti longitudinali o trasversali rette o curve, semplici o affiancate, continue o discontinue, eseguita con vernice all'acqua, di qualsiasi colore, premiscelata con perline di vetro; compreso ogni onere per nolo di attrezzature, forniture di materiale, tracciamento, anche in presenza di traffico, la pulizia e la preparazione dalle zone di impianto prima della posa, l'installazione ed il mantenimento della segnaletica di cantiere regolamentare, il pilotaggio del traffico ed ogni altro onere per un lavoro eseguito a perfetta regola d'arte. Le caratteristiche fotometriche, colorimetriche e di resistenza al derapaggio dovranno essere conformi alle prescrizioni generali previste dalla norma UNI EN 1436/98 e a quanto riportato nelle norme tecniche del capitolato speciale d'appalto. Per ogni metro lineare effettivamente ricoperto per ogni metro lineare effettivamente ricoperto							
	A R I P O R T A R E							424'252,28

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							424'252,28
18 / 23 B.009.205	SpCat 2 - V.03 Cat 3 - V.03 - VARIE ripristino della segnaletica	6,00	250,00			1'500,00		
	SOMMANO ml					1'500,00	0,72	1'080,00
19 / 24 B.009.212	RAVVIVATURA DI STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO da eseguirsi a mezzo di idrosabbiatriche con acqua e sabbia in pressione e/o mediante sabbiatriche con solo sabbia silicea con pressioni massime di 400 Atm fino ad ottenere superfici bonificate, pulite e sgrassate, con ferri di armatura disossidati allo scopo di eliminare zone corticalmente poco resistenti o degradate che possano fungere da falso aggrappo ai successivi trattamenti. Compresi e compensati nel prezzo l'asportazione e l'allontanamento dei materiali di risulta, il rispetto di eventuali manufatti presenti (guard-rail, appoggi, ecc.) e quanto altro occorre per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte SpCat 2 - V.03 Cat 3 - V.03 - VARIE ripristino marciapiedi perimetrali - ravvivatura - 30% della superficie *(par.ug.=2*2)	4,00	235,00		0,300	282,00		
	SOMMANO m²					282,00	9,60	2'707,20
20 / 25 B.009.215.a	PRETRATTAMENTO SUPERFICI IN CLS PER CONTATTO FRA VECCHI E NUOVI GETTI delle superfici in calcestruzzo di opere d'arte e/o manufatti diversi esistenti, destinate al contatto tra vecchi e nuovi getti, con particolare soluzione acquosa di resine acrilico-viniliche stese a pennello, rullo o spruzzo, in ragione di 2-3 litri per metro quadrato, così da garantire la migliore adesione tra i getti vecchi e nuovi. Esclusi dal prezzo eventuali ponteggi, impalcature e/o attrezzature mobili necessarie per l'esecuzione del lavoro, mentre sono incluse le eventuali coperture semoventi installate a protezione del cantiere dagli eventi atmosferici, nonché ogni fornitura, attrezzatura complementare e magistero occorrenti. Per ogni metro quadrato di superficie trattata SpCat 2 - V.03 Cat 3 - V.03 - VARIE ripristino marciapiedi perimetrali - 30% della superficie *(par.ug.=2*2)	4,00	235,00		0,300	282,00		
	SOMMANO m²					282,00	20,75	5'851,50
20 / 25 B.009.215.a	MALTE PRECONFEZIONATE ADDITIVATE CON POLIMERI l'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto (da computarsi a parte). Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e umido. Il prodotto deve essere marcato CE ai sensi della UNI EN 1504-3 con il sistema di Valutazione e Verifica della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento U.E. 305/11 fornitura e posa in opera di malta cementizia bicomponente polimero modificata con resine acriliche per la protezione, impermeabilizzazione e rasatura di strutture leggermente degradate in calcestruzzo. Il prodotto dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche prestazionali: - Aderenza al cls (UNI EN 1542) = 0,8 MPa; - Assorbimento capillare (UNI EN 13057) = 0,02 kg • m-2 • h-0,5; - Compatibilità termica misurata come adesione (UNI EN 1542), dopo 50 cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti, (UNI EN 13687) = 0,6 MPa; - Capacità di fare ponte alla fessure (crack bridging ability) misurata a 23°C (UNI EN 1062/7): - Statica: Classe A3 (apertura della fessura a 0,75 mm); - Dinamica: Classe B2 (apertura della fessura a 0,05 mm). Nel prezzo sono compresi la fornitura e posa in opera del materiale di riporto che dovrà presentare in opera un paramento perfettamente rasato e lisciato SpCat 2 - V.03 Cat 3 - V.03 - VARIE ripristino marciapiedi perimetrali - 30% della superficie *(par.ug.=2*2)							
	A R I P O R T A R E							433'890,98

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							433'890,98
21 / 12 A95009	2) SOMMANO m ² S.04 (SpCat 1) S.04 - EL. SISMO-RESISTENTI (Cat 4) Barre di acciaio inossidabile nervato, AISI 304L, con carichi di snervamento e rottura a trazione pari rispettivamente a 44 kg/mm ² e 55 kg/mm ² , per esecuzione di cuciture a consolidamento di murature lesionate, fornite e poste in opera nelle predisposte sedi e fissate con fluido cementizio, da pagarsi a parte, compreso lo sfrido ed il taglio a misura per qualsiasi Ø delle barre SpCat 1 - S.04 Cat 4 - S.04 - EL. SISMO-RESISTENTI connettori per collegamento pile/pulvini: barre dywidagh Ø26.5 * (par.ug.=13*6) tasselli di fissaggio M12 *(par.ug.=13*6*2)	4,00	235,00		0,300	282,00 <hr/> 282,00	25,57	7'210,74
	SOMMANO kg	78,00 156,00	2,00 0,15		5,000 2,000	780,00 46,80 <hr/> 826,80	9,06	7'490,81
22 / 13 A35019	Malta cementizia premiscelata, polimero-modificata, superfluida, espansiva, a ritiro compensato, a rischio fessurativo nullo, con elevate resistenze meccaniche a breve termine, per ancoraggi a durabilità garantita di elementi metallici in strutture in calcestruzzo, conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla UNI EN 1504-6 (prodotti per ancoraggio) e dalla UNI EN 1504-3 per malte strutturali di classe R4 di tipo CC e PCC SpCat 1 - S.04 Cat 4 - S.04 - EL. SISMO-RESISTENTI inghisaggio barre di collegamento pile/pulvini (inc. 5 dmc/m) * (par.ug.=13*6)	78,00	2,00		5,000	780,00 <hr/> 780,00	5,01	3'907,80
23 / 14 B.009.205	RAVVIVATURA DI STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO da eseguirsi a mezzo di idrosabbiatriche con acqua e sabbia in pressione e/o mediante sabbiatriche con solo sabbia silicea con pressioni massime di 400 Atm fino ad ottenere superfici bonificate, pulite e sgrassate, con ferri di armatura disossidati allo scopo di eliminare zone corticalmente poco resistenti o degradate che possano fungere da falso aggrappo ai successivi trattamenti. Compresi e compensati nel prezzo l'asportazione e l'allontanamento dei materiali di risulta, il rispetto di eventuali manufatti presenti (guard-rail, appoggi, ecc.) e quanto altro occorre per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte SpCat 1 - S.04 Cat 4 - S.04 - EL. SISMO-RESISTENTI scarifica superfici di testa dei pulvini per migliorare l'aderenza con il nuovo getto *(par.ug.=13,00*2) scarifica superiore ed inferiore per la posa delle piastre * (par.ug.=13,00*2*2)	26,00 52,00	1,60 0,50	1,400	2,000 2,000	116,48 52,00 <hr/> 168,48	9,60	1'617,41
24 / 15 B.009.220.3	MALTE PREMISCELATE COLABILE RINFORZATA CON FIBRE INORGANICHE fornitura e posa in opera di malta ad espansione contrastata con maturazione in aria, contenente fibre sintetiche in poliacrilonitrile per la ricostruzione di strutture in calcestruzzo degradate. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto (da computarsi a parte). Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua mediante colaggio, nella sede opportunamente predisposta, in uno spessore compreso tra 10 e 50 mm per strato, senza l'ausilio di armature di contrasto. Il prodotto dovrà rispondere alle seguenti							
	A R I P O R T A R E							454'117,74

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							454'117,74
	caratteristiche prestazionali: - Resistenza a compressione a 28 gg = 60 MPa (UNI EN 12190); - Resistenza a compressione a 7 gg = 50 MPa (UNI EN 12190); - Resistenza a flessione a 28 gg = 9 MPa (UNI EN 196/1); - Resistenza a flessione a 7 gg = 7 MPa (UNI EN 196/1); - Modulo elastico a compressione a 28 gg tra 26 GPa ÷ 30 GPa (UNI EN 13412); - Aderenza al cls (UNI EN 1542) = 2 MPa; - Compatibilità termica misurata come adesione (UNI EN 1542), dopo 50 cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti, (UNI EN 13687) = 2 MPa; - Assorbimento capillare (UNI EN 13057) = 0,3 kg • m-2 • h-0,5; - Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno (UNI 8147) = 0,04%. Il prodotto deve essere marcato CE ai sensi della UNI EN 1504-3 con il sistema di Valutazione e Verifica della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento U.E. 305/11. Compresi e compensati nel prezzo per dare il lavoro finito a regola d'arte SpCat 1 - S.04 Cat 4 - S.04 - EL. SISMO-RESISTENTI malta di riempimento tra i pulvini zona superiore *(lung.=0,4*0,6*1000) malta di riempimento tra i pulvini zona inferiore *(lung.=0,070*1,6*1000)	13,00	240,00			3'120,00		
		13,00	112,00			1'456,00		
	SOMMANO dm ³					4'576,00	2,55	11'668,80
25 / 16 A95093a	Rinforzo strutturale di elementi in cemento armato e cemento armato precompresso per confinamento pilastri, rinforzo nodi travi-pilastri, mediante l'utilizzo di sistema composito con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 201 fissati su microrete in fibra di vetro, resistenza a trazione > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 1,50 %; area effettiva di un trefolo 3 x 2 (5 fili)= 0,538 mm ² ; con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO 17832/2009, compresa bagnatura a rifiuto del supporto, stesura dei due strati di adesivo minerale epossidico eco-compatibile in gel, conforme ai requisiti prestazionali richiesti della norma EN 1504-4, senza primer di aggrappo; euroclasse di reazione al fuoco C-s2, d0(EN 13501-1); emissione di sostanze organiche volatili EC1; resistenza a trazione adesiva su calcestruzzo con tessuti di rinforzo in fibra di acciaio galvanizzato in singolo e doppio strato > 4 MPa (EN 24624); modulo elastico a flessione > 2500 MPa (EN ISO 178) con interposto tessuto; esclusi eventuale trattamento di ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari, l'eventuale bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato, i dispositivi di ancoraggio mediante connettori o piastre metalliche, le prove di accettazione del materiale e le indagini pre e post-intervento; compreso eventuale strato di riempimento in calcestruzzo per rendere la superficie di intervento complanare alle limitrofe superfici, onde consentire la realizzazione di finiture ed impermeabilizzazioni: con tessuto del peso netto di fibra di circa 2000 g/m ² ; n. trefoli per cm = 4,72; spessore equivalente del nastro = 0,254 mm; spessore totale 10-16 mm SpCat 1 - S.04 Cat 4 - S.04 - EL. SISMO-RESISTENTI fasce di rinforzo	105,00	2,00	1,000	1,200	252,00		
	SOMMANO m ²					252,00	216,04	54'442,08
	Parziale LAVORI A MISURA euro							520'228,62
	T O T A L E euro							520'228,62
	A R I P O R T A R E							

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	IMPORTI
		TOTALE
	RIPORTO	
001	S.04	
002	V.03	
	<u>Riepilogo SUPER CATEGORIE</u>	
		273'292,64
		246'935,98
	Totale SUPER CATEGORIE euro	520'228,62
	A RIPORTARE	

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	IMPORTI	
		TOTALE	incid. %
	RIPORTO		
	<p><u>NOTE</u></p> <p>Prezzario ANAS - Nuove Costruzioni e Manutenzione Straordinaria - Ed. 2017 Prezzario DEI Recupero Ristrutturazione Manutenzione - Ed. II sem. 2016</p> <p>Milano, 20/12/2020</p> <p>Il Tecnico RTP prof.ing.Lorenzo_Jurina - ing.arch.Andrea_A._Bassoli</p>		
	A RIPORTARE		

COMUNE DI BERGAMO

Area: Politiche del Territorio

Direzione: Strade, Servizi a Rete e Opere Idrauliche

Servizio: Strade e Parcheggi

Via Quarenghi, 33/35

24100 Bergamo

**INTERVENTO STRAORDINARIO
DI SISTEMAZIONE DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE
2° LOTTO**

Progetto Definitivo

CUP H17H17000330004 - CIG 8461833D78

A07 - QUADRO ECONOMICO

DICEMBRE 2020

prof. ing. Lorenzo Jurina (CAPOGRUPPO)

Quartiere Aurelia, 29 - 20051 Cassina de' Pecchi (MI)

tel: 02.95.29.91.67

Ordine Ingegneri di Milano n. 10893

studio.jurina@jurina.it

ing. arch. Andrea Antonio Bassoli

via Rimini, 23 - 20142 Milano

tel: +39 328.83.92.917

Ordine Ingegneri di Milano n. A27178

Ordine Architetti di Milano n. 19216

andrea.bassoli@gmail.com

**“Intervento straordinario di sistemazione del viadotto di boccaleone – 2° lotto”
CUP H17H17000330004 - CIG 8461833D78**

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

QUADRO ECONOMICO GENERALE

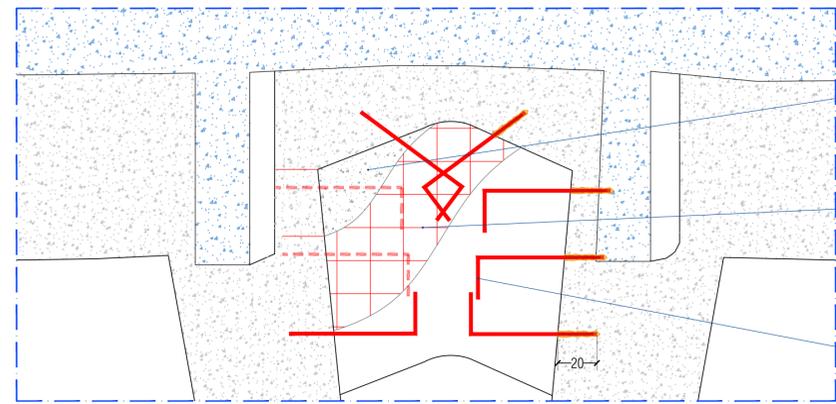
IMPORTO OPERE		
Importo opere a base di gara		€ 520 228,62
Oneri Sicurezza		€ 70 857,00
	TOTALE OPERE	€ 591 085,62
SOMME A DISPOSIZIONE		
1. VARIE		
Incentivo per funzioni tecniche di cui all'art. 113 D.Lgs. 50/2016		€ 10 000,00
Allacciamenti alle reti		€ 2 693,00
Collaudo e prove di laboratorio		€ 6 000,00
	TOTALE VARIE	€ 18 693,00
4. SPESE TECNICHE (esclusi oneri previdenziali)		
Spese tecniche RTP professionisti (progettazione)		€ 52 944,71
Direzione Lavori, CSE, collaudo		€ 45 000,00
	TOTALE SPESE TECNICHE (esclusi oneri previdenziali)	€ 97 944,71
4. IVA e ONERI		
Opere	iva 10%	€ 59 108,56
Varie	iva 10%	€ 1 869,30
Spese tecniche RTP professionisti (progettazione)	iva 22%+4%inps+4%cpaia	€ 16 918,59
Spese tecniche professionisti aggiuntive	iva 22%+4%inps+4%cpaia	€ 14 379,84
	TOTALE IVA E ONERI	€ 92 276,29
	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE	€ 208 914,00
	TOTALE COMPLESSIVO	€ 799 999,62

Cassina de' Pecchi, lì dicembre 2020

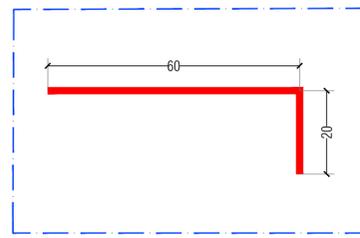
RTP

Prof. Ing. Lorenzo Jurina

Ing. Arch. Andrea Antonio Bassoli

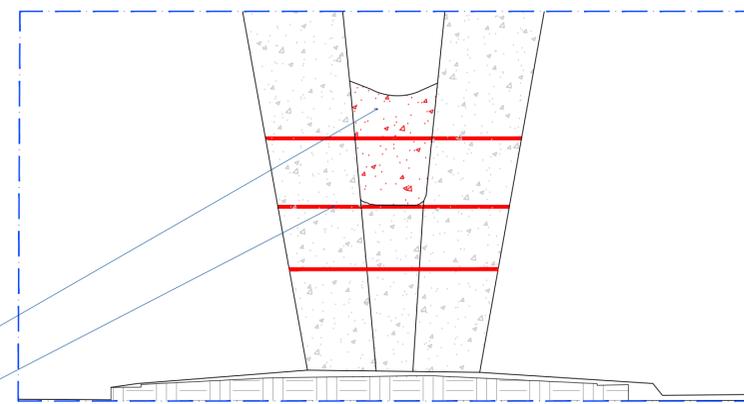


DETTAGLIO 1 - stratigrafia: setto superiore di irrigimento e collegamento degli impalcati - scala 1:20

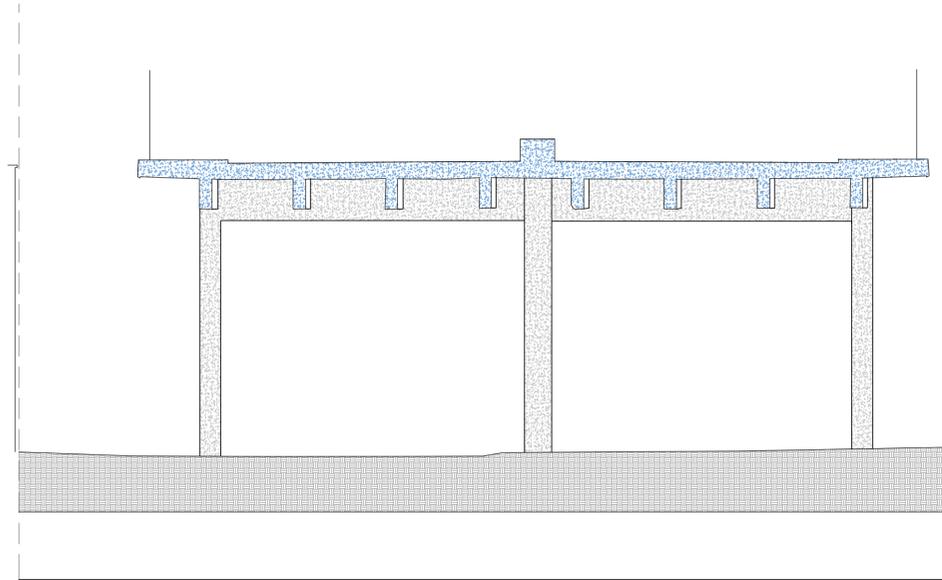


Getto di completamento in calcestruzzo C20/25, sottosquadro di 4 cm da ambo i lati

Connettore in acciaio B450C Ø16, inghisato con resina nel calcestruzzo (dett. 3)

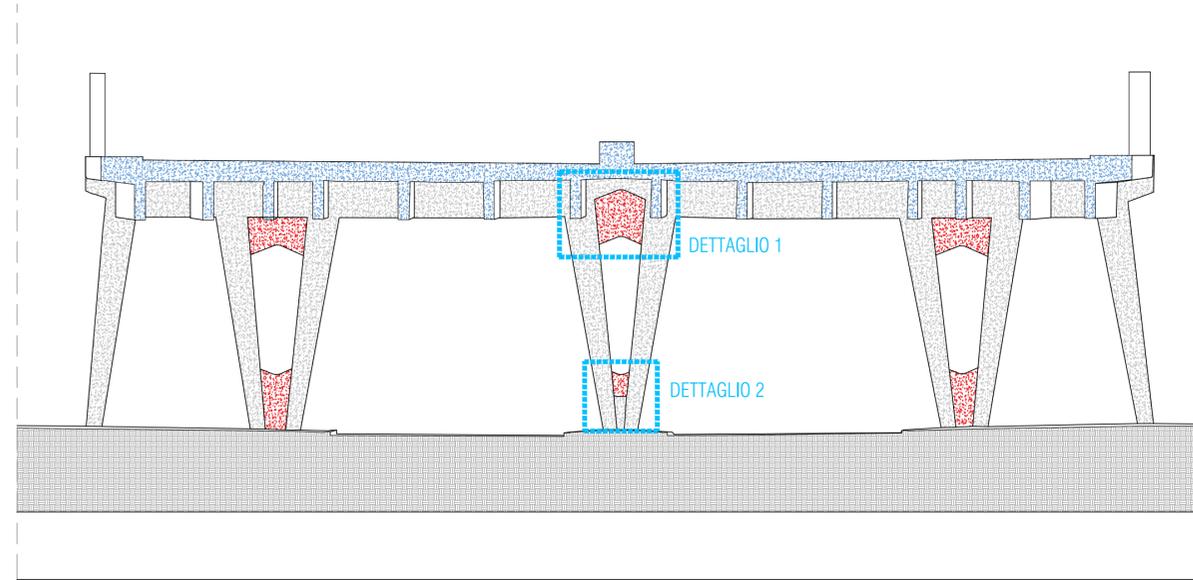


DETTAGLIO 2: setto inferiore di irrigimento e collegamento degli impalcati - scala 1:20



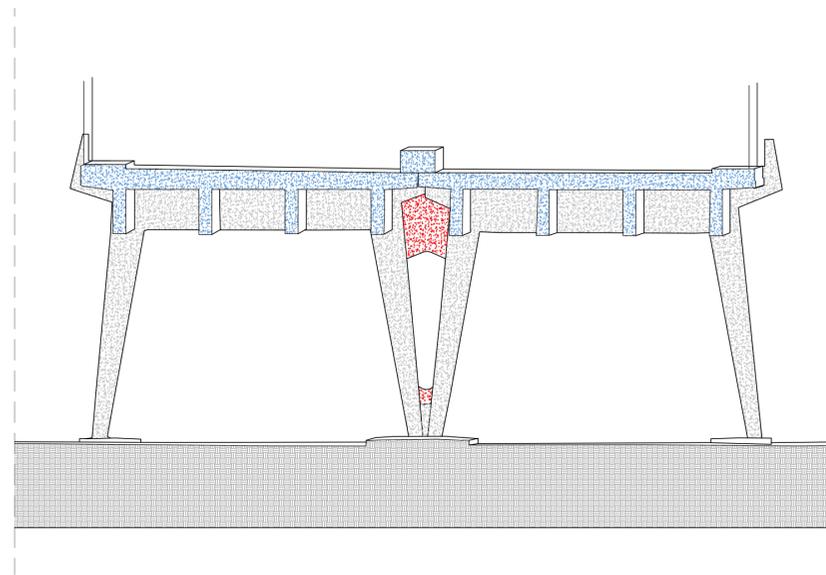
SEZIONE Q-Q

Quota di riferimento 250,00 m



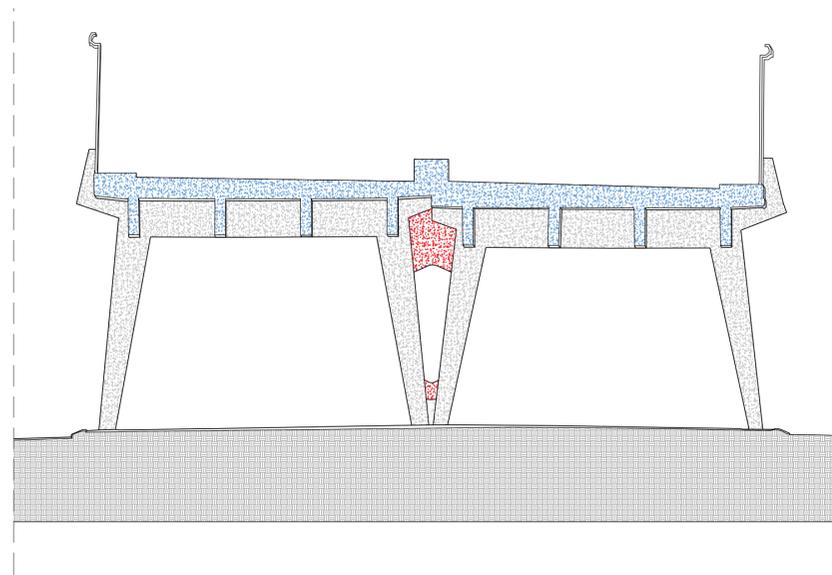
SEZIONE R-R

Quota di riferimento 250,00 m



SEZIONE S-S

Quota di riferimento 252,00 m



SEZIONE T-T

Quota di riferimento 254,00 m

PRESCRIZIONI

CONNETTORI: PROCEDURE DI INGHISAGGIO. Per ogni connettore da posare si prescrive di seguire accuratamente le procedure che verranno descritte:
 1. eseguire la perforazione con punta a sola rotazione. Il diametro del foro dovrà essere pari a $\phi_{\text{connettore}} + 8\text{mm}$ (dove non specificato).
 2. pulire accuratamente dalle polveri e dai residui della perforazione tutta la lunghezza del foro con apposita pompetta e aspiratore. Se durante queste operazioni all'interno del foro cadessero ancora polveri o altri materiali occorre ripetere le operazioni di pulizia.
 3. iniettare la malta cementizia premiscelata per ancoraggi con gli appositi miscelatori, intasando completamente il foro fino a circa 1/3 dell'intera lunghezza di perforazione. Procedere partendo dal fondo del foro. In caso di inghisaggi lunghi e profondi, prolungare le siringhe standard di iniezione con apposite cannule di iniezione più lunghe, in modo da poter raggiungere agevolmente il fondo del foro. Nel caso in cui si riscontrino vuoti, introdurre calza di contenimento della malta da inghisaggio.
 4. inserire la barra e farla affondare nel foro lentamente fino a raggiungere metà della profondità di inghisaggio, così da intasare completamente tutti gli interstizi del foro. Sfilare, completando l'iniezione della parte iniziale del foro ed inserire completamente la barra, sempre lentamente, posizionando definitivamente il connettore nella posizione prevista in progetto.
 5. protrarre l'operazione di inghisaggio fino a rifiuto, ossia controllare che, a connettore inserito, la malta da inghisaggio fuoriesca dal foro.

MATERIALI

Acciaio per carpenterie S235
 Connettori e viteria: acciaio inox AISI 304
 Bullonerie classe 8.8
 Resina per inghisaggi vinilestere tipo Fischer FIS V 410C[®] o equiv.
 Fascia in tessuto in fibra di acciaio: grammatura 2000 g/mq; resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 2%

N.B.: TUTTE LE MISURE SONO DA VERIFICARE IN OPERA A CURA DELL'IMPRESA ESECUTRICE. EVENTUALI VARIAZIONI VANNO CONCORDATE CON LA D.L.

BERGAMO - VIADOTTO BOCCALEONE

INTERVENTO STRAORDINARIO DI SISTEMAZIONE DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE - 2° LOTTO

Committente:



Comune di Bergamo
 Area: Politiche del Territorio
 Direzione: Strade, Servizi a Rete e Opere Idrauliche
 Servizio: Strade e Parcheggi
 Via Quarenghi, 33/35
 24100 Bergamo

Progettista strutturale:

prof. ing. LORENZO JURINA
 Quartiere Aurelia, 29 20051 - Cassina de' Pecchi (MI)
 Tel. 02/95.29.91.67 e-mail: studio.jurina@jurina.it
 Ordine Ingegneri di Milano n. 10893

ing. arch. Andrea Antonio Bassoli
 via Rimini, 23 20142 - Milano e-mail: andrea.bassoli@gmail.com
 Tel. +39 328.83.92.917
 Ordine Ingegneri di Milano n. A27178
 Ordine Architetti di Milano n. 19216

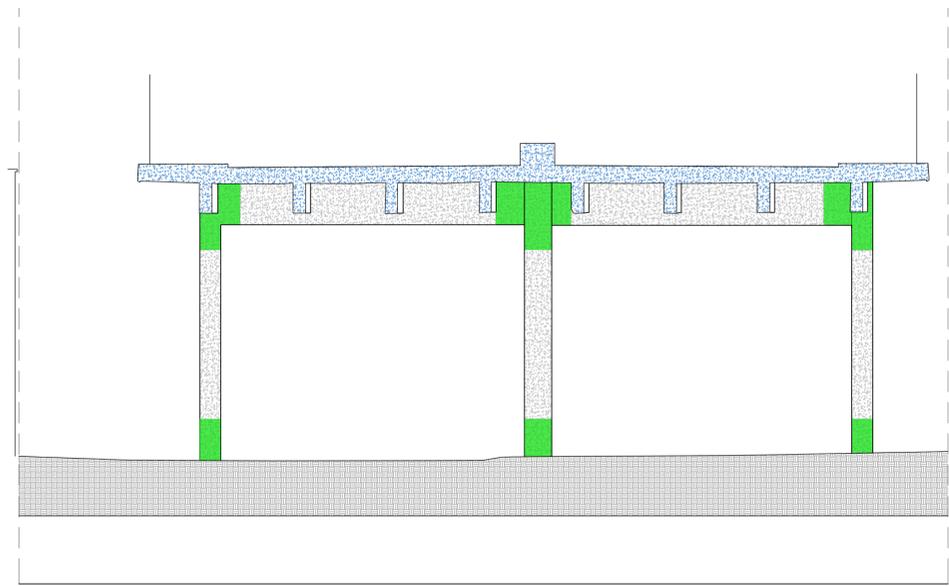
Collaboratori:
 ing. Edoardo O. Radaelli
 ing. Daniele Rampoldi
 ing. Giulia Lucca

PROGETTO DEFINITIVO

Tavola n. : 101 Oggetto : Collegamenti per il miglioramento sismico

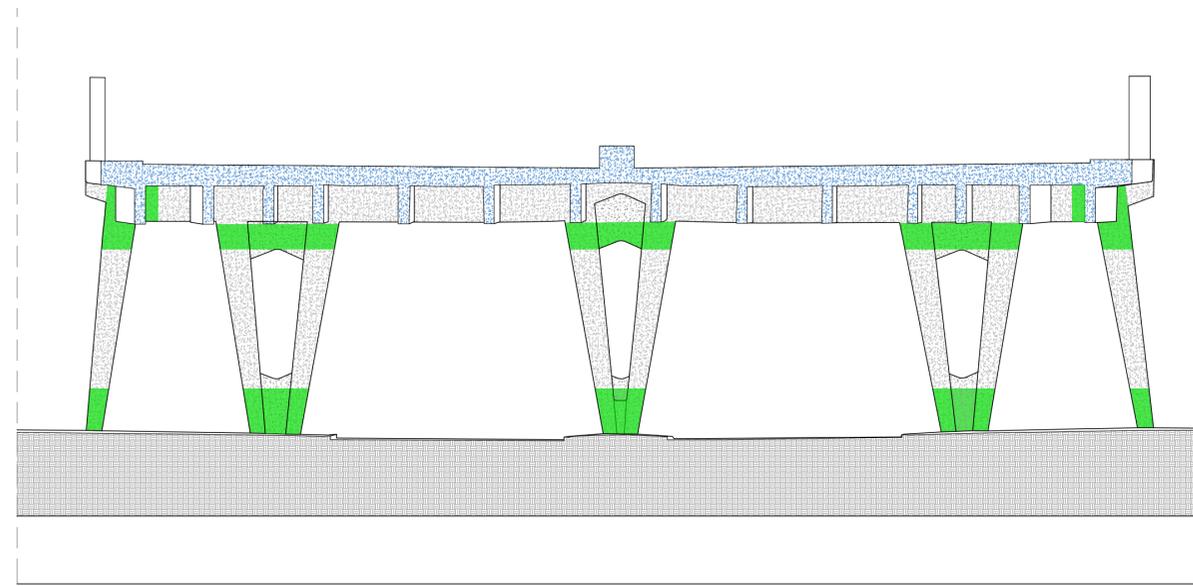
Formato di stampa: A1

Scala: 1:100 Data: 20 dicembre 2020



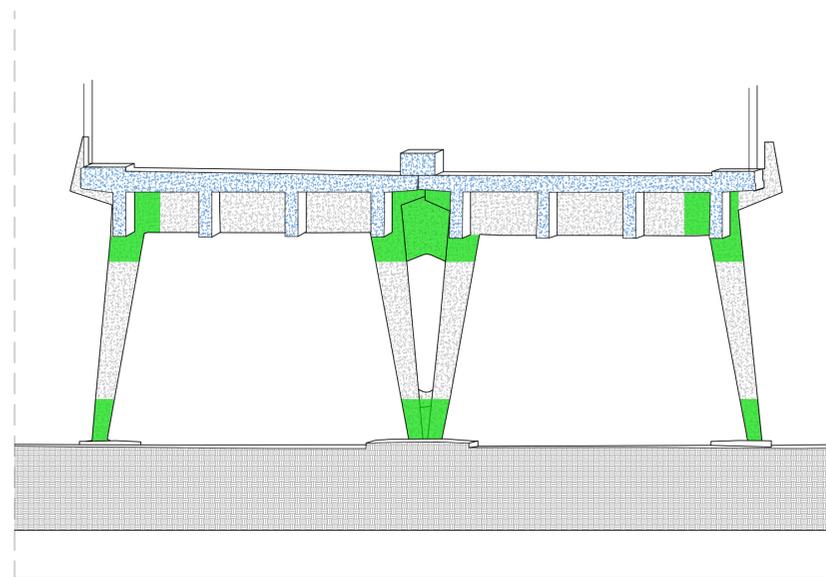
SEZIONE Q-Q

Quota di riferimento 250,00 m



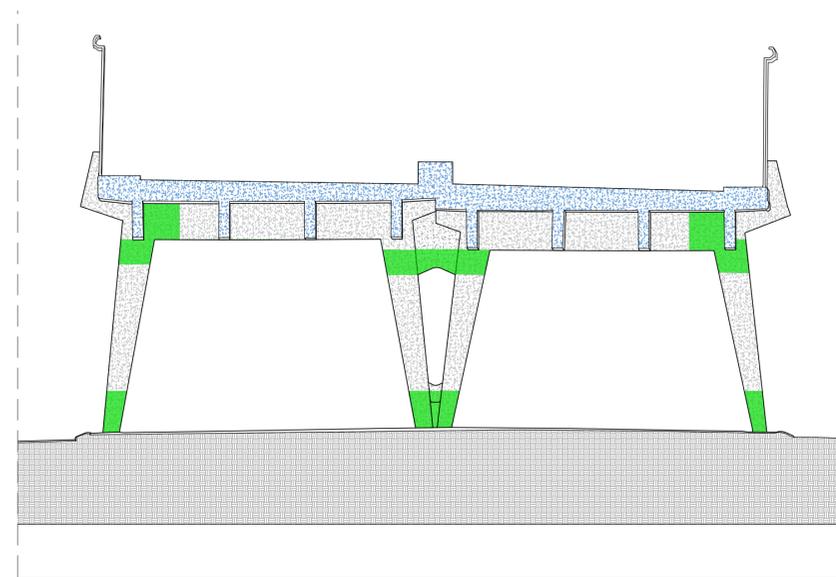
SEZIONE R-R

Quota di riferimento 250,00 m



SEZIONE S-S

Quota di riferimento 252,00 m



SEZIONE T-T

Quota di riferimento 254,00 m

FASI DI INTERVENTO DI RINFORZO CON FASCIATURE IN FIBRA DI ACCIAIO IN MATRICE TISSOTROPICA

- 1 scarifica superficiale de punti di intervento dei telai
- preparazione del substrato:
 - pulizia della superficie, applicazione di fissativo consolidante corticale per cls, ricostruzione della continuità' materia ed regolarizzazione della superficie
 - rimozione con spazzolatura meccanica dell'ossidazione dai ferri d'armatura
- 2 stesura sul supporto di uno spessore medio di 3-5 mm di adesivo tipo Kerakoll Geolite® gel per applicare ed inglobare il tessuto di rinforzo
- 3 realizzazione di connettori a fiocco con fibra tipo kerakoll geosteel g2000: foro Ø26 mm; lunghezza di ancoraggio min. 15 cm
FASE I: esecuzione del foro Ø26
FASE II: inserimento connettore tipo Kerakoll Geosteel g2000
FASE III: inserimento iniettore & connettore tipo Kerakoll Geosteel
FASE IV: inghisaggio a colare tipo Kerakoll Geocalce® fluido o Geolite® gel
- 4 stesura di fasce in tessuto in fibra di acciaio galvanizzato tipo Kerakoll Geosteel g2000 disposto in fasce parallele di larghezza pari a 30 cm
- 5 rasatura finale protettiva con adesivo tipo Kerakoll Geolite® gel (spessore medio 3-5 mm) per inglobare il rinforzo e chiudere eventuali vuoti. E' necessario garantire la contemporanea maturazione dello strato iniziale e di quello finale che va quindi applicato quando il precedente e' ancora umido
- 6 esecuzione del ciclo protettivo di ripristino del calcestruzzo
FASE I: rimozione delle porzioni decoese, eliminazione dei depositi superficiali, eventualmente con idropulitura a bassa pressione o spazzolatura meccanica
FASE II: ripristino delle lacune con malta tixotropica con funzione passivante, possibile utilizzo per rasatura e protezione, utilizzo di malta tipo kerakoll geolite o equivalente
FASE III: stesura di un primer per il consolidamento corticale, per garantire l'uniformità' degli assorbimenti e l'omogeneità' cromatica
FASE IV: eventuale protezione finale della parte intradosale con idropulitura al quarzo
- 7

PRESCRIZIONI

CONNETTORI: PROCEDURE DI INGHISAGGIO. Per ogni connettore da posare si prescrive di seguire accuratamente le procedure che verranno descritte:
 1. eseguire la perforazione con punta a sola rotazione. Il diametro del foro dovrà essere pari a $\phi_{\text{connettore}} + 8\text{mm}$ (dove non specificato). 2. pulire accuratamente dalle polveri e dai residui della perforazione tutta la lunghezza del foro con apposita pompetta e aspiratore. Se durante queste operazioni all'interno del foro cadessero ancora polveri o altri materiali occorre ripetere le operazioni di pulizia. 3. iniettare la malta cementizia premiscelata per ancoraggi con gli appositi miscelatori, intasando completamente il foro fino a circa 1/3 dell'intera lunghezza di perforazione. Procedere partendo dal fondo del foro. In caso di inghisaggi lunghi e profondi, prolungare le siringhe standard di iniezione con apposite cannule di iniezione più lunghe, in modo da poter raggiungere agevolmente il fondo del foro. Nel caso in cui si riscontrino vuoti, introdurre calza di contenimento della malta da inghisaggio. 4. inserire la barra e farla affondare nel foro lentamente fino a raggiungere metà della profondità di inghisaggio, così da intasare completamente tutti gli interstizi del foro. Sfilare, completare l'iniezione della parte iniziale del foro ed inserire completamente la barra, sempre lentamente, posizionando definitivamente il connettore nella posizione prevista in progetto. 5. protrarre l'operazione di inghisaggio fino a rifiuto, ossia controllare che, a connettore inserito, la malta da inghisaggio fuoriesca dal foro.

MATERIALI

Acciaio per carpenterie S235
 Connettori e viteria: acciaio inox AISI 304
 Bulloneria classe 8.8
 Resina per inghisaggi vinilestere tipo Fischer FIS V 410C' o equiv.
 Fasce in tessuto in fibra di acciaio: grammatura 2000 g/mq; resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 2%

N.B.: TUTTE LE MISURE SONO DA VERIFICARE IN OPERA A CURA DELL'IMPRESA ESECUTRICE. EVENTUALI VARIAZIONI VANNO CONCORDATE CON LA D.L.

INTERVENTO STRAORDINARIO DI SISTEMAZIONE DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE - 2° LOTTO



Comune di Bergamo
 Area: Politiche del Territorio
 Direzione: Strade, Servizi a Rete e Opere Idrauliche
 Servizio: Strade e Parcheggi
 Via Quarenghi, 33/35
 24100 Bergamo

Progettista strutturale:

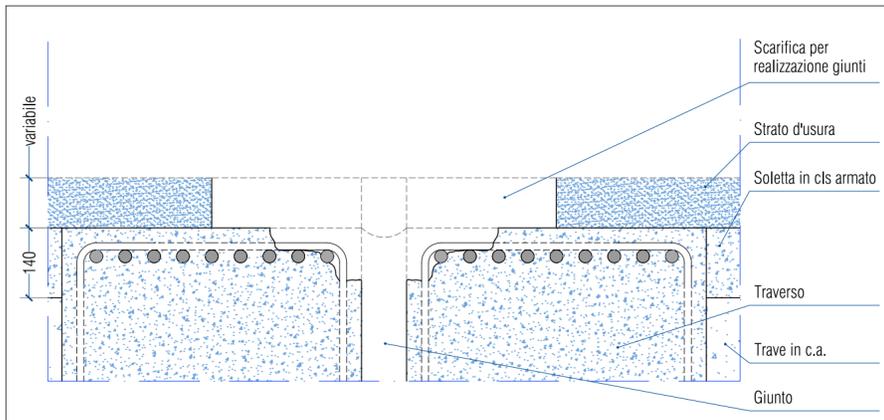
prof. ing. LORENZO JURINA
 Quartiere Aurelia, 29 20051 - Cassina de' Pecchi (MI)
 Tel. 02/95.29.91.67 e-mail: studio.jurina@jurina.it
 Ordine Ingegneri di Milano n. 10893

ing. arch. Andrea Antonio Bassoli
 via Rimini, 23 20142 - Milano
 Tel. + 39 328.83.92.917 e-mail: andrea.bassoli@gmail.com
 Ordine Ingegneri di Milano n. A27178
 Ordine Architetti di Milano n. 19216

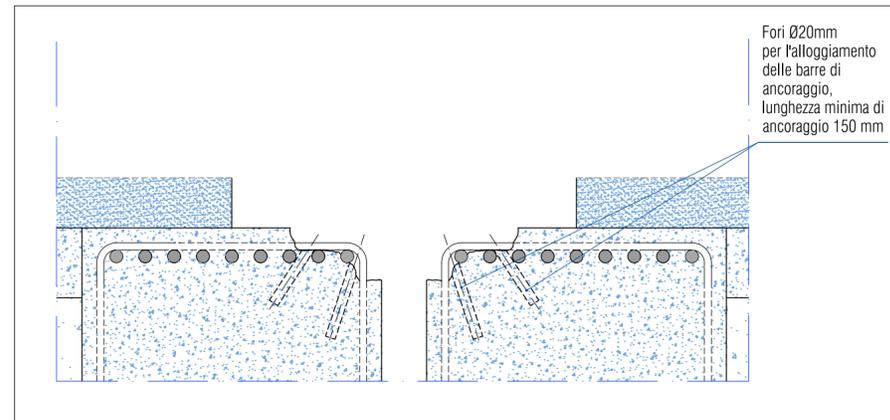
Collaboratori:
 ing. Edoardo O. Radaelli
 ing. Daniele Rampoldi
 ing. Giulia Lucca

PROGETTO DEFINITIVO	
Tavola n. : 102	Oggetto : Fasciatura in fibra di carbonio
Formato di stampa: A1	
Scala: 1:100	Data: 20 dicembre 2020

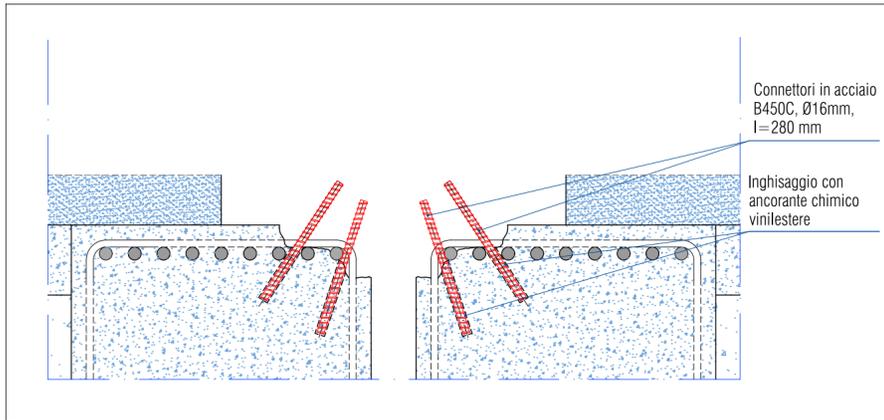
BERGAMO - VIADOTTO BOCCALEONE



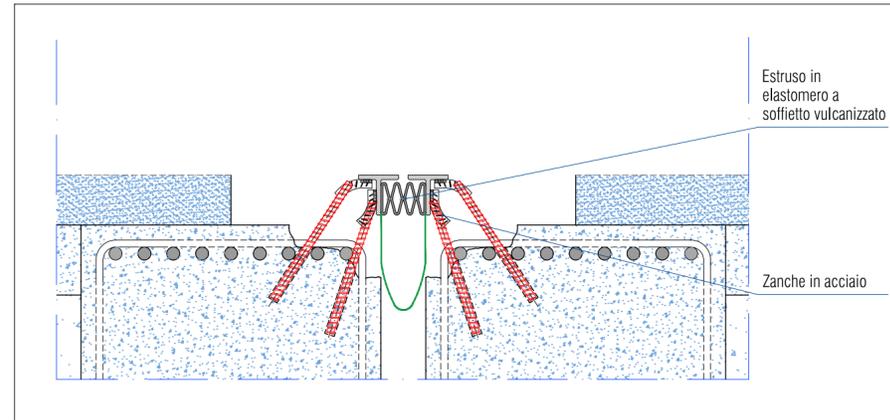
FASE 1 (sezione tipologica): taglio e rimozione del manto d'usura, dell'eventuale giunto esistente e del calcestruzzo superficiale per realizzare l'alloggiamento del nuovo giunto. Scala 1:10 (mm)



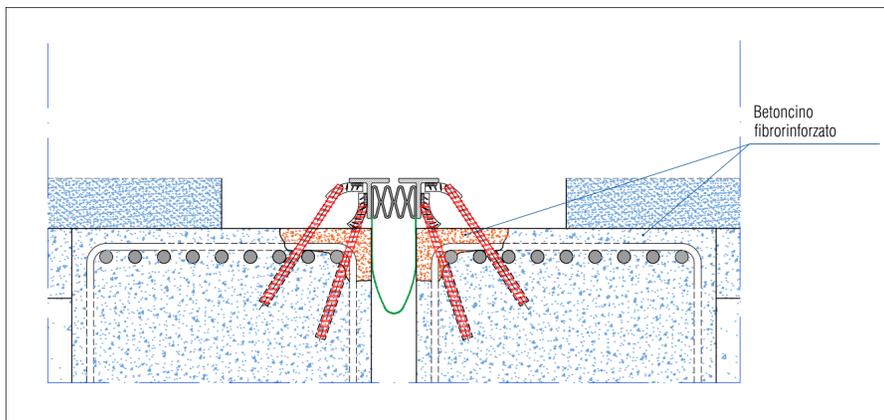
FASE 2 (sezione tipologica): foratura per posizionamento delle barre di ancoraggio. Scala 1:10 (mm)



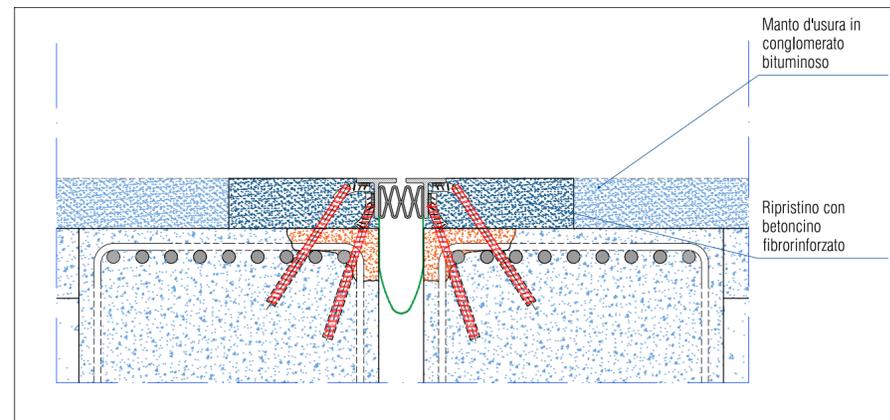
FASE 3 (sezione tipologica): inghisaggio barre Ø16mm, tagliate su misura a piè d'opera, con ancorante chimico vinilestere. Scala 1:10 (mm)



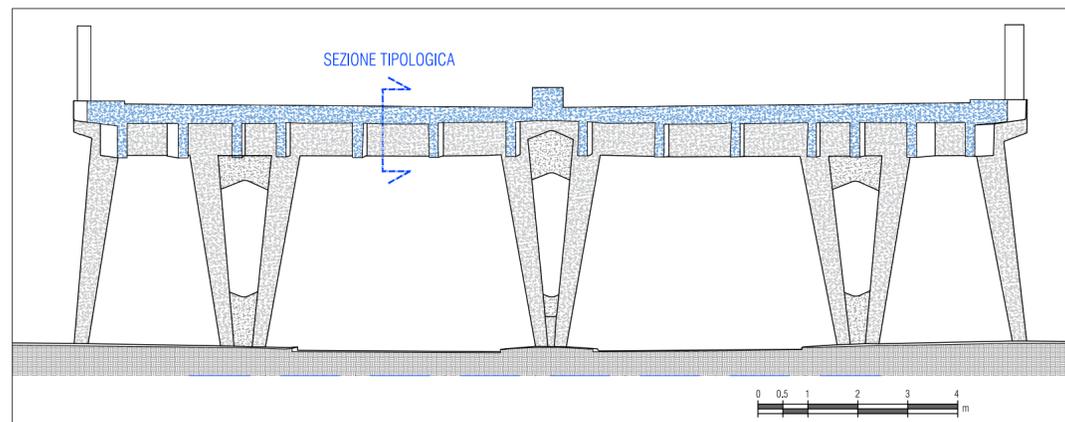
FASE 4 (sezione tipologica): posizionamento del blocco SFE 90/65 FIP e saldatura delle zanche alle barre di ancoraggio precedentemente inghisate. Scala 1:10 (mm)



FASE 5 (sezione tipologica): getto del betoncino fibrorinforzato di ripristino previa pulitura ad aria compressa, passivazione delle armature e stesura di primer di adesione. Scala 1:10 (mm)



FASE 6 (sezione tipologica): ripristino e finitura della superficie stradale. Scala 1:10 (mm)



KEY SECTION TIPOLOGICA CON INDIVIDUAZIONE DELLA SEZIONE DI RIFERIMENTO

MATERIALI

- Acciaio per barre d'armatura tipo B450C
- Acciaio per profili metallici S275JR
- Malta da inghisaggio per barre d'acciaio: ancorante chimico vinilestere ibrido (tipo "Fischer FIS V 410 C" o equivalente).
- Betoncino fibrorinforzato.

CONNETTORI: PROCEDURE DI INGHISAGGIO

Si prescrive di seguire accuratamente per ogni connettore da posare le procedure che verranno descritte:

1. eseguire la perforazione con punta a sola rotazione. Il diametro del foro dovrà essere pari a $\varnothing_{\text{connettore}} + 4-8\text{mm}$;
2. pulire accuratamente dalle polveri e dai residui della perforazione tutta la lunghezza del foro con l'apposita pompetta e aspiratore. Se durante queste operazioni all'interno del foro cadessero ancora polveri o altri materiali occorre ripetere le operazioni di pulizia;
3. iniettare l'ancorante chimico tipo "Fischer FIS V 410 C" o equivalenti, intasando completamente il foro fino a circa i 2/3 dell'intera lunghezza di perforazione. Procedere partendo dal fondo del foro. In caso di inghisaggi lunghi e profondi, prolungare le siringhe standard di iniezione con apposite cannule di iniezione più lunghe, in modo da poter raggiungere agevolmente il fondo del foro;
4. inserire la barra e farla affondare nel foro lentamente fino a raggiungere metà della profondità di inghisaggio, così da intasare completamente tutti gli interstizi del foro. Sfilare, completare l'iniezione della parte iniziale del foro e inserire completamente la barra, sempre lentamente, posizionando definitivamente il connettore nella posizione prevista in progetto;
5. protrarre l'operazione di inghisaggio fino a rifiuto, ossia controllare che, a connettore inserito, la malta da inghisaggio fuoriesca dal foro.

N.B.

**TUTTE LE MISURE DEVONO ESSERE VERIFICATE IN OPERA DA PARTE DELL'IMPRESA
OGNI VARIAZIONE VA CONCORDATA CON LA D.L.**

BERGAMO - VIADOTTO BOCCALEONE

INTERVENTO STRAORDINARIO DI SISTEMAZIONE DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE - 2° LOTTO

Committente:



Comune di Bergamo

Area: Politiche del Territorio
Direzione: Strade, Servizi a Rete e Opere Idrauliche
Servizio: Strade e Parcheggi
Via Quarenghi, 33/35
24100 Bergamo

Progettista strutturale:

prof. ing. LORENZO JURINA

Quartiere Aurelia, 29 20051 - Cassina de' Pecchi (MI)
Tel. 02/95.29.91.67 e-mail: studio.jurina@jurina.it
Ordine Ingegneri di Milano n. 10893

ing. arch. Andrea Antonio Bassoli

via Rimini, 23 20142 - Milano
Tel. +39 328.83.92.917 e-mail: andrea.bassoli@gmail.com
Ordine Ingegneri di Milano n. A27178
Ordine Architetti di Milano n. 19216

Collaboratori:

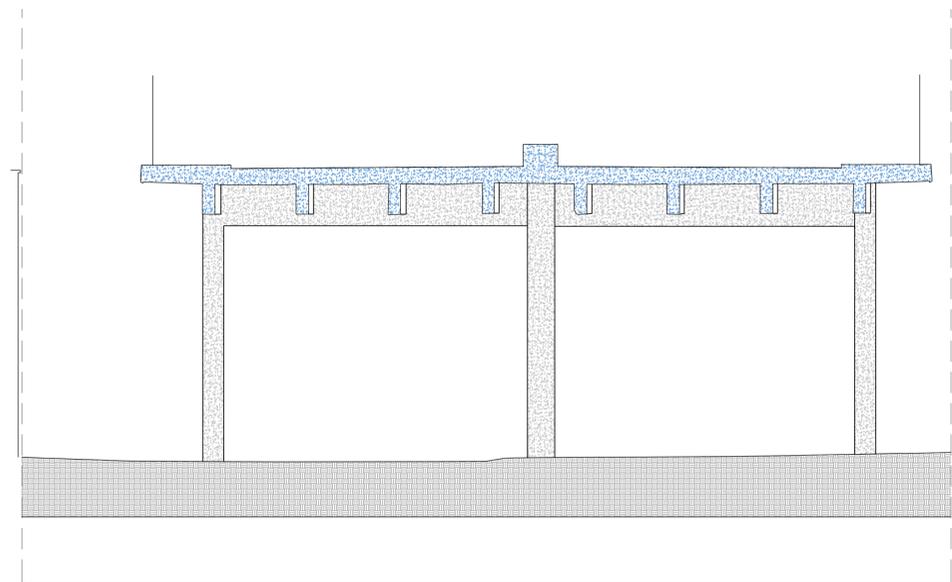
ing. Edoardo O. Radaelli
ing. Daniele Rampoldi
ing. Giulia Lucca

PROGETTO DEFINITIVO

Tavola n. : 103 Oggetto : Ripristino giunti

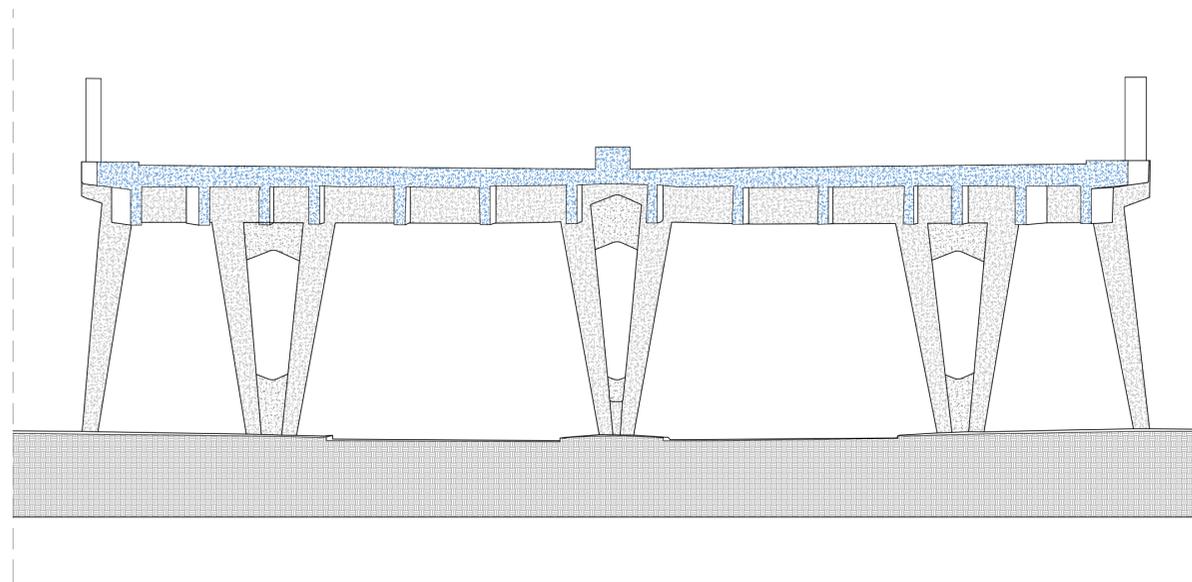
Formato di stampa: A2

Scala: 1:10 (mm) Data: 20 dicembre 2020



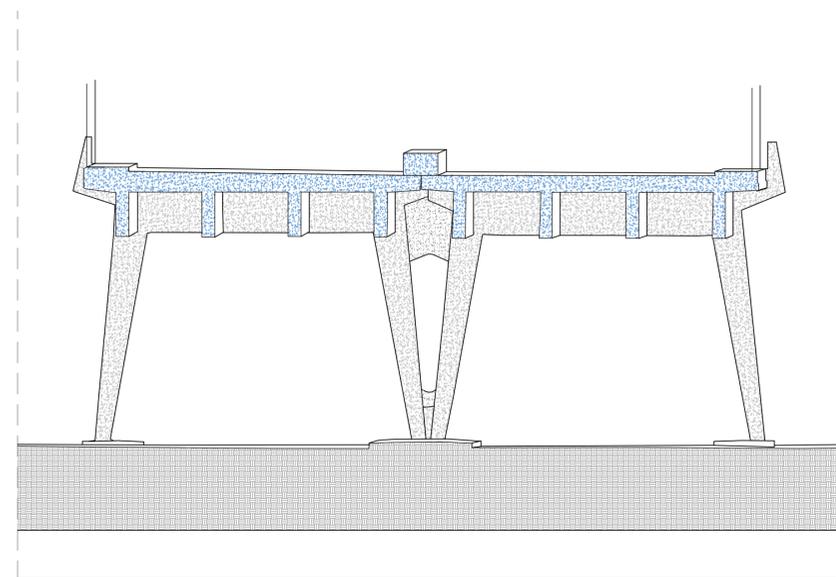
SEZIONE Q-Q

Quota di riferimento 250,00 m



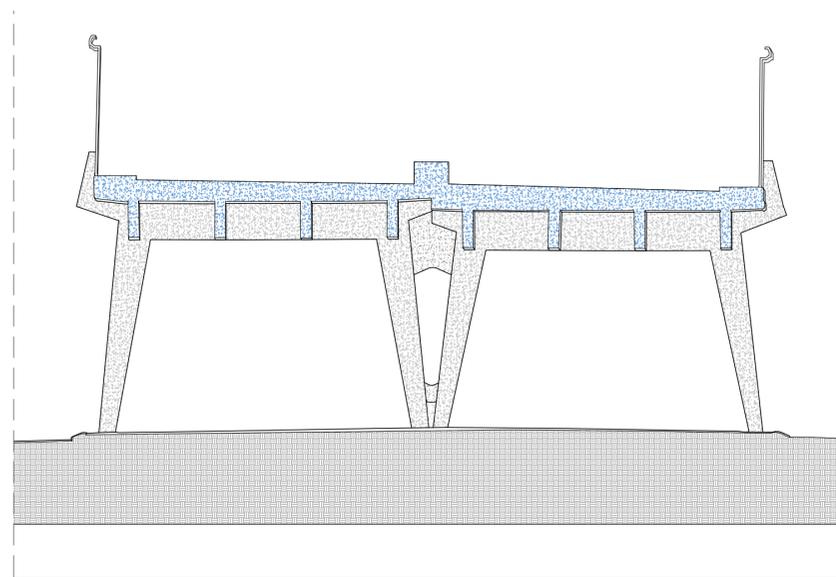
SEZIONE R-R

Quota di riferimento 250,00 m



SEZIONE S-S

Quota di riferimento 252,00 m



SEZIONE T-T

Quota di riferimento 254,00 m

STRATEGIA D'INTERVENTO

Su tutte le superfici:

1. **Battitura** di tutte le superfici per la rimozione delle parti decise e delle parti in fase di distacco;
2. **Izolavaggio** delle superfici a media pressione per rimuovere sporco ed eventuali residui;
3. **sulle superfici degradate, pari al 15% della superficie di intervento:**
- 3.1 **Idrosabbiatura** delle porzioni più degradate per ravvivare la superficie del calcestruzzo;
- 3.2 **Pretrattamento** delle superfici in cls nelle zone più degradate con resine acrilico-viniliche in modo da garantire l'adesione tra i getti esistenti e quelli nuovi di ripristino;
- 3.3 **Passivazione** delle armature esposte;
- 3.4 **Integrazione delle lacune** nelle zone degradate con malte fibrorinforzate.

Sulle superfici di travi e pilastri, sul lembo inferiore delle travi in c.a. e sulle due fiancate laterali delle travi esterne a vista:

4. Applicazione di primer silossanico antisale;
5. Applicazione di pittura di fondo;
6. Applicazione di pittura di finitura poliuretana fluorurata bi componente a solvente.

PRESCRIZIONI

CONNETTORI: PROCEDURE DI INGHISAGGIO. Per ogni connettore da posare si prescrive di seguire accuratamente le procedure che verranno descritte:

1. eseguire la perforazione con punta a sola rotazione. Il diametro del foro dovrà essere pari a $\varnothing_{\text{connettore}} + 8\text{mm}$ (se non specificato);
2. pulire accuratamente dalle polveri e dai residui della perforazione tutta la lunghezza del foro con apposita pompetta e aspiratore. Se durante queste operazioni all'interno del foro cadessero ancora polveri o altri materiali occorre ripetere le operazioni di pulizia;
3. iniettare la malta cementizia premiscelata per ancoraggi con gli appositi miscelatori, intasando completamente il foro fino a circa 1/3 dell'intera lunghezza di perforazione. Procedere **partendo dal fondo del foro**. In caso di inghisaggi lunghi e profondi, prolungare le siringhe standard di iniezione con apposite cannuole di iniezione più lunghe, in modo da poter raggiungere agevolmente il fondo del foro. Nel caso in cui si riscontrino vuoti, introdurre calza di contenimento della malta da inghisaggio;
4. inserire la barra e farla affondare nel foro lentamente fino a raggiungere metà della profondità di inghisaggio, così da intasare completamente tutti gli interstizi del foro. Sfilare, completare la finizione della parte iniziale del foro ed inserire completamente la barra, sempre lentamente, posizionando definitivamente il connettore nella posizione prevista in progetto;
5. protrarre l'operazione di inghisaggio fino a rifiuto, ossia controllare che, a connettore inserito, la malta da inghisaggio fuoriesca dal foro.

MATERIALI

Acciaio per carpenterie S235
 Connettori e viteria: acciaio inox AISI 304
 Bulloneria classe 8.8
 Resina per inghisaggi vinilestere tipo "Fischer FS V 410C" o equiv.
 Fasce in tessuto in fibra di acciaio: grammatura 2000 g/mq, resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa, modulo elastico > 190 GPa, deformazione ultima a rottura > 2%.

N.B.: TUTTE LE MISURE SONO DA VERIFICARE IN OPERA A CURA DELL'IMPRESA ESECUTRICE. EVENTUALI VARIAZIONI VANNO CONCORDATE CON LA D.L.

BERGAMO - VIADOTTO BOCCALEONE

INTERVENTO STRAORDINARIO DI SISTEMAZIONE DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE - 2° LOTTO

Committente:



Comune di Bergamo
 Area: Politiche del Territorio
 Direzione: Strade, Servizi a Rete e Opere Idrauliche
 Servizio: Strade e Parcheggi
 Via Quarenghi, 33/35
 24100 Bergamo

Progettista strutturale:

prof. ing. LORENZO JURINA
 Quartiere Aurelia, 29 20051 - Cassina de' Pecchi (MI)
 Tel. 02/95.29.91.67 e-mail: studio.jurina@jurina.it
 Ordine Ingegneri di Milano n. 10893

ing. arch. Andrea Antonio Bassoli
 via Rimini, 23 20142 - Milano
 Tel. +39 328.83.92.917 e-mail: andrea.bassoli@gmail.com
 Ordine Ingegneri di Milano n. A27178
 Ordine Architetti di Milano n. 19216

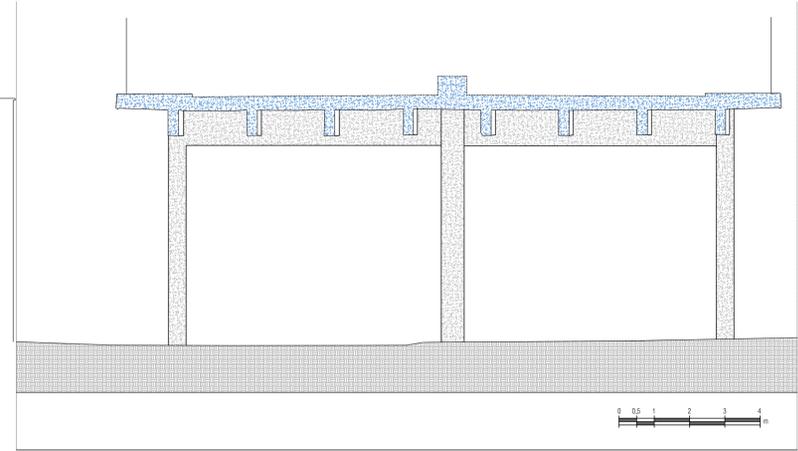
Collaboratori:
 ing. Edoardo O. Radaelli
 ing. Daniele Rampoldi
 ing. Giulia Lucca

PROGETTO DEFINITIVO

Tavola n. : 104 Oggetto : Rispristini superficiali

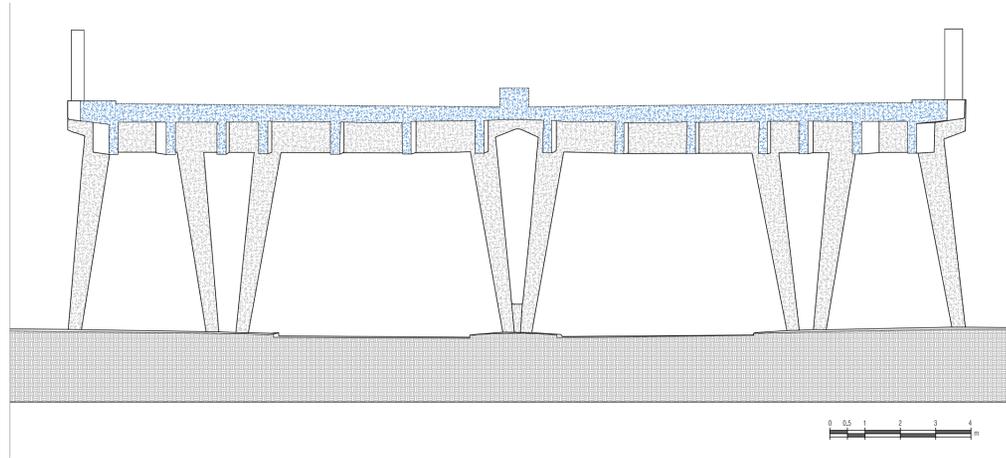
Formato di stampa: A1

Scala: 1:100 Data: 20 dicembre 2020



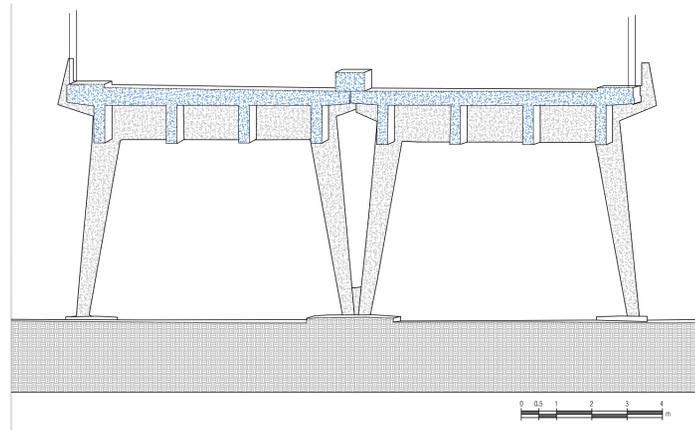
SEZIONE Q-Q

Quota di riferimento 250,00 m



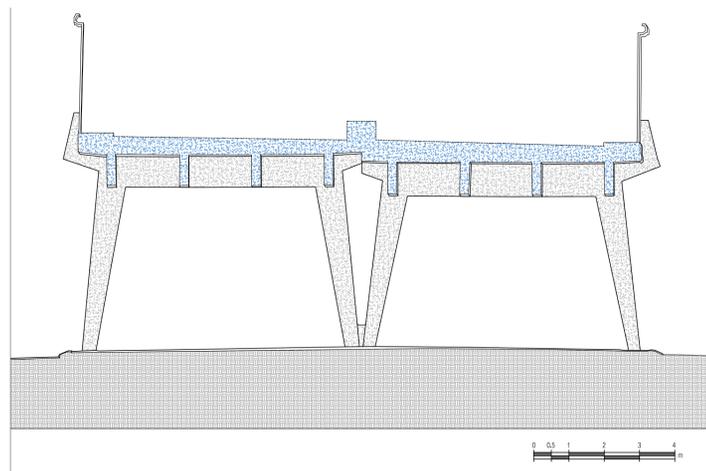
SEZIONE R-R

Quota di riferimento 250,00 m



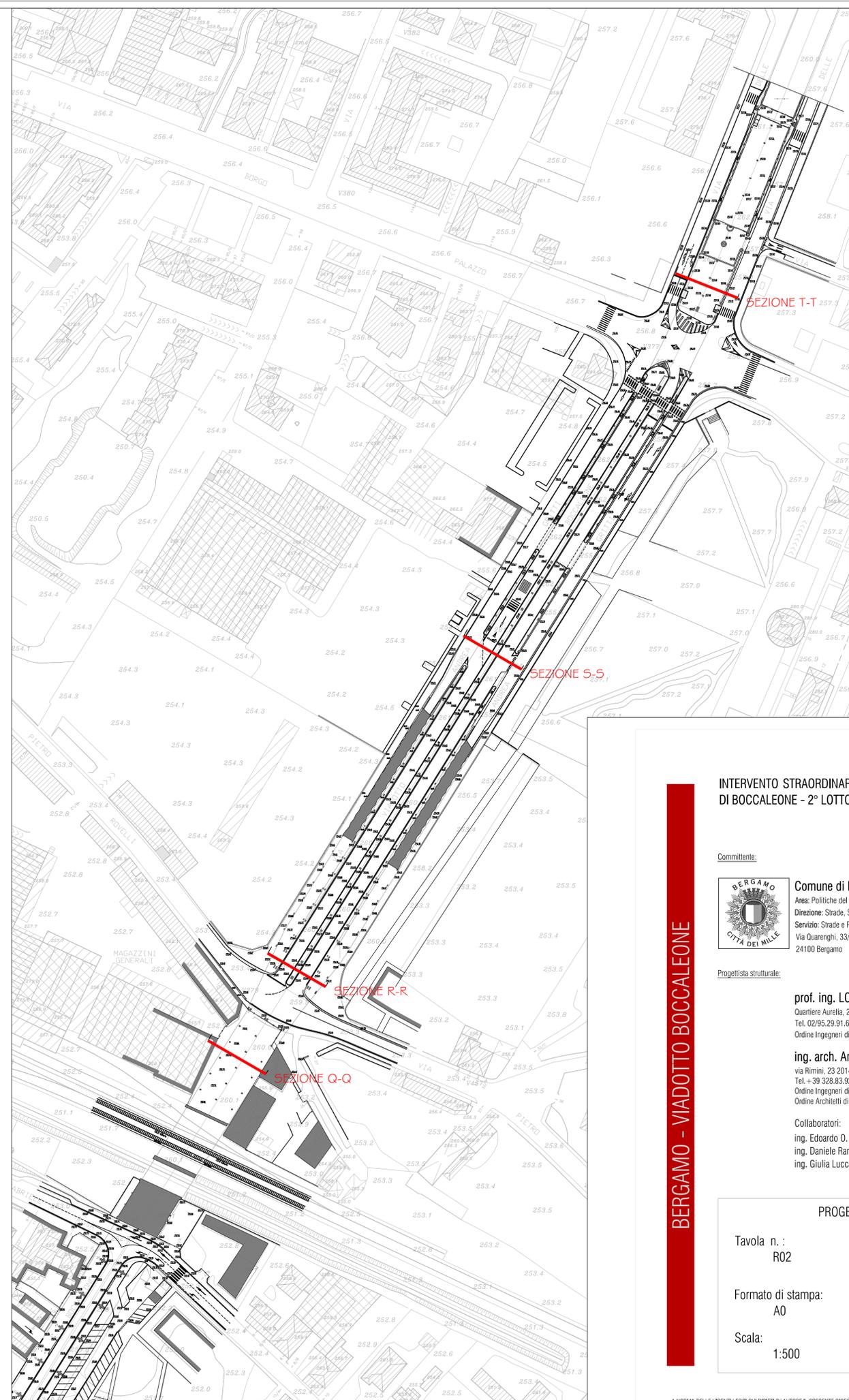
SEZIONE S-S

Quota di riferimento 252,00 m



SEZIONE T-T

Quota di riferimento 254,00 m



PLANIMETRIA CON INDIVIDUAZIONE DELLE SEZIONI TIPOLOGICHE RILEVATE - scala 1:1000

RILIEVO DEI DEGRADI
 sulle superfici dei tetti in c.a. del viadotto sono presenti i seguenti degradi:
 - Distacco di calcestruzzo con armature a vista
 - Distacco di calcestruzzo
 - Fessurazione
 - Presenza di vegetazione
 L'estensione dei degradi rilevati è pari al 15% delle superfici interessate dall'intervento

BERGAMO - VIADOTTO BOCCALEONE

INTERVENTO STRAORDINARIO DI SISTEMAZIONE DEL VIADOTTO DI BOCCALEONE - 2° LOTTO

Committente:



Comune di Bergamo
 Area: Politiche del Territorio
 Direzione: Strade, Servizi a Rete e Opere Idrauliche
 Servizio: Strade e Parcheggi
 Via Quarenghi, 33/35
 24100 Bergamo

Progettista strutturale:

prof. ing. LORENZO JURINA
 Quartiere Aurelia, 29 20051 - Cassina de' Pecchi (MI)
 Tel. 02/95.29.91.67 e-mail: studio.jurina@jurina.it
 Ordine Ingegneri di Milano n. 10893

ing. arch. Andrea Antonio Bassoli
 via Rimini, 23 20142 - Milano
 Tel. +39 328.83.92.917 e-mail: andrea.bassoli@gmail.com
 Ordine Ingegneri di Milano n. A27178
 Ordine Architetti di Milano n. 19216

Collaboratori:
 ing. Edoardo O. Radaelli
 ing. Daniele Rampoldi
 ing. Giulia Lucca

PROGETTO DEFINITIVO

Tavola n. : R02 Oggetto : Sezioni

Formato di stampa: A0

Scala: 1:500

Data: 20 dicembre 2020