



ALPHA CAESAR S.R.L.
Via R. LEONCAVALLO, 1
20131 Milano

Città di Cassano d'Adda

Opere infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO PE0410	LOTTO CA 2 10	CODIFICA RT	DOCUMENTO RT.00.00 002	REV.	FOGLIO 1 di 25
--------------------	------------------	----------------	---------------------------	------	-------------------



CITTA' DI CASSANO D'ADDA
Provincia di Milano

**OPERE INFRASTRUTTURALI PER LA REALIZZAZIONE DI UNA PISTA CICLABILE
TRATTO n° 2 Cascina San Pietro – Cassano d'Adda
PONTE IN ACCIAIO**

**RELAZIONE TECNICA GENERALE
PROGETTO ESECUTIVO**

SEZIONI	TITOLO DELLE SEZIONI
Sezione I	RELAZIONE TECNICA GENERALE

	25/06/2010	RELAZIONE TECNICA	ing. MAURO CASSANO Iscr. Albo Ingegneri prov. Milano n° A-25475
REV	DATA	DESCRIZIONE	IL PROGETTISTA



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		2 di 25

Sommario

<i>Sommario</i>	2
1 PREMESSA	4
1.1 Descrizione dell'opera	4
1.2 Modelli di calcolo	6
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	8
2.1 Normativa emessa dallo stato italiano	8
2.2 Normativa emessa da enti pubblici	9
2.3 Normativa europea	10
2.4 Normativa sismica nazionale:	10
2.5 Normativa sismica regionale:	10
3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA	11
4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI	12
4.1 Calcestruzzo per fondazioni e pilastri $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$	12
4.2 Acciaio per cemento armato ordinario B 450C.....	12
4.3 Acciaio per carpenteria metallica S 355	13
4.4 Unioni bullonate.....	13
4.5 Saldature.....	13
4.6 Micropali	14
5 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	15
5.1 Travi.....	15
6 ANALISI DEI CARICHI	16
6.1 Peso proprio carpenteria metallica	16
6.2 Carichi ed ipotesi di calcolo	16
6.3 Azioni permanenti	16
6.4 Azioni Accidentali	17
6.5 Azioni Variabili di vento e neve.....	17
6.6 Azioni Sismiche	17
6.7 COMBINAZIONI DI CARICO	18
7 VERIFICHE DI SICUREZZA	19
7.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi	19



Città di Cassano d'Adda Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2					
PROGETTO PE0410	LOTTO CA 2 10	CODIFICA RT	DOCUMENTO RT.00.00 002	REV.	FOGLIO 3 di 25

7.2 Stati Limite di Esercizio	19
7.3 Verifiche allo stato limite di fatica.....	20
7.4 Verifiche allo stato limite di fessurazione	20
7.5 Verifiche allo stato limite di deformazione.....	20
7.6 Verifiche delle azioni sismiche	20
7.7 Verifiche in fase di costruzione.....	20
8 SCELTA E VERIFICA DEI BULLONI	21
8.1. Metodi di collegamento	21
8.2. Materiali dei bulloni	21
8.3. Verifiche.....	22
8.4. Tabelle.....	22
9 CALCOLO SOLLECITAZIONI.....	23
9.1 Involuppo Diagrammi dei Momenti.....	23
9.2 Involuppo Diagrammi dei Tagli	24
9.3 Momenti e Tagli nelle varie condizioni di carico.	25
10 RELAZIONE DI CALCOLO.....	25

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		4 di 25

1 PREMESSA

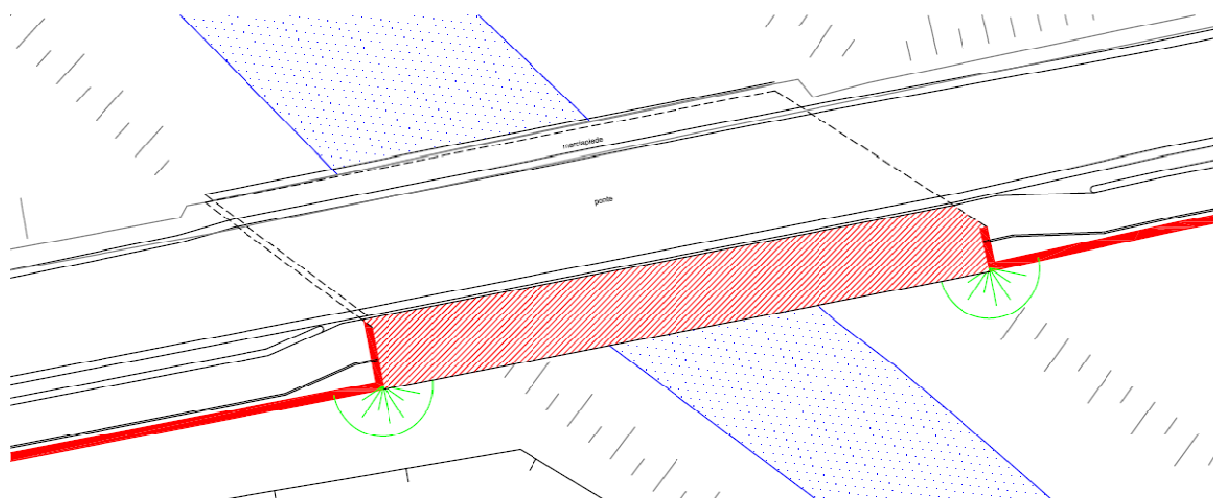
1.1 Descrizione dell'opera

La presente relazione di calcolo illustra e commenta i dati ed i risultati relativi all'analisi statica riguardante il progetto strutturale esecutivo della passerella pedonale in acciaio, posta in fianco al marciapiede del ponte ANAS sul canale Retortello nel comune di Cassano d'Adda..

In particolare si tratta di una passerella metallica, della larghezza di circa 1,25 metri, a sezione variabile come quella del ponte esistente dell'ANAS, atta a garantire la continuità della pista ciclopedonale e scavalcare il canale Retortello.

Lo schema statico della passerella in oggetto è quello di una trave continua di tre campate su quattro appoggi.

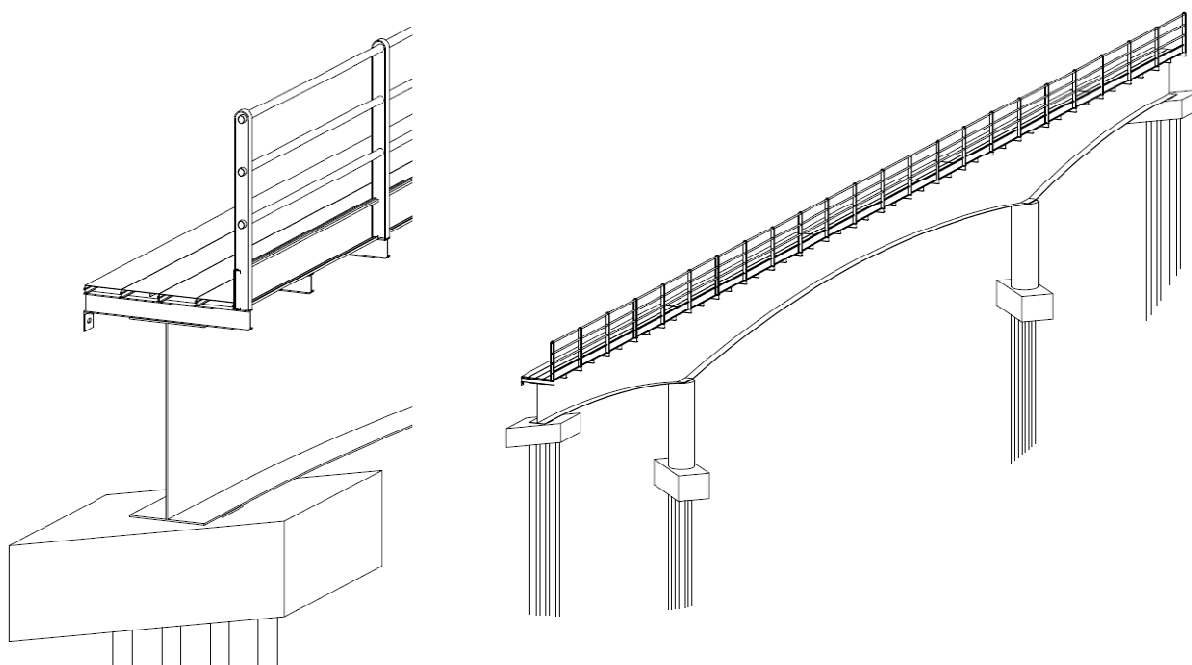
Planimetricamente si affianca al ponte dell'ANAS con la stessa inclinazione esistente tra l'asse longitudinale del ponte esistente e l'andamento dell'alveo del canale, pari a 45°.



La passerella avrà appoggi indipendenti dal ponte, fondati su micropali, e sarà ancorata al marciapiede esistente, senza che trasmetta ad esso sollecitazioni..

La larghezza trasversale della passerella è pari a 1,25 m e realizzerà l'allargamento del marciapiede, funzionale alla realizzazione della pista ciclopedonale della larghezza complessiva di metri 3.

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		5 di 25



La struttura della passerella, in acciaio con caratteristiche meccaniche simili all'acciaio S355 con $f_{yk}=355 \text{ N/mm}^2$ e $f_{tk}=510 \text{ N/mm}^2$, ha una sezione a doppio T, composta da piatti saldati dello spessore di 10 mm, con altezza variabile da 1000 mm in mezzeria a 1910 mm sugli appoggi 2 e 4, mentre le sezioni 1 e 5 in corrispondenza degli appoggi di estremità hanno un'altezza di 910 mm.

La struttura metallica sarà realizzata in officina per conci nel numero di quattro non più lunghi di 12,50 m circa soddisfacendo le necessità di trasporto in cantiere con mezzi ordinari dove sarà assemblata con giunzioni bullonate.

L'individuazione dei conci, lungo lo sviluppo longitudinale della trave continua, è frutto di considerazioni basate sui seguenti criteri:

- Ottimizzazione dei pesi dei singoli conci;
- Individuazione del giunto strutturale, per la campata centrale, in corrispondenza della sezione di mezzeria con sollecitazioni di taglio minimo;
- Verifiche statiche in termini di distribuzione degli elementi di irrigidimento e dei controventi di montaggio.

Le ali sono rinforzate, per la verifica a svergolamento, da profili IPE 120 posti ogni metro che hanno anche la funzione di ancoraggio della piastra di camminamento, mentre l'anima è irrigidita, per la verifica all'imbozzamento, da profili UPN 65 anch'essi posti ogni metro, mentre in corrispondenza degli appoggi vengono posti ancora profili UPN 65 nel numero di tre a distanza di 50 cm.

Tutte le giunzioni bullonate sono realizzate ad attrito.

Lo schema statico del ponte prevede la disposizione di apparecchi di appoggio in acciaio-teflon longitudinalmente fissi in corrispondenza del nodo 2 e mobili sugli altri nodi 1, 4 e 5.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		6 di 25

Per l'analisi sismica si è operato considerando una zona sismica di categoria 4 secondo quanto indicato dall'ordinanza P.C.M. 3274 del 20.03.2003.

Particolare cura dovrà essere prestata alle modalità di aggancio degli apparecchi di appoggio alle parti strutturali per rendere certi del buon funzionamento della struttura nel suo complesso.

Il varo dell'impalcato metallico è previsto mediante il montaggio a terra dei conci che saranno poi movimentati e disposti sugli apparecchi di appoggio posizionati sulle sottostrutture mediante autogrù.

I dimensionamenti e le verifiche statiche, oltre che alla panoramica di combinazioni di carico previste dalla normativa, indagano il comportamento del ponte nelle fasi di sostituzione degli apparecchi d'appoggio previste nei programmi di manutenzione.

Si riassumono qui brevemente le principali caratteristiche geometriche dell'impalcato:

Luci di calcolo della travata continua:

1^a campata 11.000 mm,

2^a campata 25.000 mm,

3^a campata 11.000 mm

Larghezza totale impalcato 125,00 cm

Altezza variabile travi da 910. a 1910 mm

Lunghezza totale trave 47600 mm

Spessore ali 10 mm

Spessore anima 10 mm

La schematizzazione delle strutture progettate, i calcoli dei valori delle sollecitazioni e la valutazione delle tensioni e delle deformazioni, per la garanzia di una sicurezza permanente ed omogenea delle opere, sono stati effettuati secondo i metodi della Scienza delle Costruzioni, della Teoria dell'Elasticità e della Geotecnica.

Si sono analizzate le combinazioni più sfavorevoli delle condizioni di carico, al fine di individuare i valori massimi e minimi delle sollecitazioni interessanti le strutture.

La verifica di resistenza delle sezioni in acciaio, è stata condotta con il metodo degli Stati Limite Ultimi e della verifica sismica secondo la recente normativa nazionale e regionale.

Le opere strutturali progettate si trovano ovunque in stato di sicurezza rispetto alle più gravose condizioni di carico di progetto, ed in stato di compatibilità con le esigenze di esercizio della strada.

1.2 Modelli di calcolo

I diversi schemi di calcolo durante le fasi esecutive ed i consecutivi tempi di applicazione dei carichi comportano l'utilizzo di specifici modelli di calcolo qui di seguito descritti.

Modello 1: peso proprio della struttura metallica: il peso della trave più le IPE e gli UPN oltre alle lastre del camminamento e i parapetti in ferro.

Modello 2: transito dei carichi mobili.

Modello 3: azione del vento e carico neve.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		7 di 25

Modello 4: azioni sismiche.

Modello 5: effetto della variazione termica.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		8 di 25

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

I calcoli sviluppati nel seguito sono stati svolti nello spirito del metodo “*agli Stati Limite*” e nel rispetto della normativa vigente; in particolare si sono osservate le prescrizioni contenute nelle seguenti:

2.1 Normativa emessa dallo stato italiano

- **Ministero dei LL.PP. - D.M. 14.01.2008:** “Nuove norme Tecniche per le costruzioni”;
- **C.S.LL.PP. - Circ. 617 del 02.02.2009:** Istruzioni relative alle “Nuove norme Tecniche per le costruzioni”;
- **Legge 05.11.1971 n. 1086 :** “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- **Ministero dei LL.PP. - D.M. 14.02.1992 :** “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche”; (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ministero dei LL.PP. - Circ. 37406 del 24.06.1993 :** “Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al Decreto Ministeriale 14 febbraio 1992” (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ministero dei LL.PP. - D.M. 09.01.1996 :** “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche” (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ministero dei LL.PP. - Circ. 252 del 15.10.1996 :** “Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al Decreto Ministeriale 09 gennaio 1996” (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ministero dei LL.PP - D.M. 16.01.1996 :** Norme Tecniche relative ai “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ministero dei LL.PP - D.M. 16.01.1996 :** Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche;



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		9 di 25

- **Ministero dei LL.PP. - Circ. 156 del 04.07.1996** : Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ordinanza P.C.M. 3274 del 20.03.2003** : "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"; *Allegato 3*: "Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti"; *Allegato 4*: "Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni".
- **Ministero dei LL.PP. - D.M. 04.05.1990** : "Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali" (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ministero dei LL.PP. - Circ. 34233 del 25.02.1991** : "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali" (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ministero dei LL.PP. - D.M. 11.03.1988** : "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- **Ministero dei LL.PP. - Circ. 30483 del 24.09.1988** : Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- **Ministero dei LL.PP. - D.M. 03.12.1987** : "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate" (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);
- **Ministero dei LL.PP. - Circ. 31104 del 16.03.1989** : "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate" (Il presente decreto è stato abrogato, a partire dal 30 giugno 2009, dall'art. 20, comma 2, della legge 28-2-2008, n. 31);

2.2 Normativa emessa da enti pubblici

- **Circolare A.N.A.S. n.43/84 del 18.06.1984**: "Disposizioni relative alla progettazione ed esecuzione di ponti e viadotti in c.a. e c.a.p. ;



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		10 di 25

- **C.N.R. 10016/2000:** "Travi composte in acciaio e calcestruzzo: istruzioni per l'impiego nelle costruzioni" (Ritirata);
- **C.N.R. 10011/97:** "Costruzioni in acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo, la manutenzione" (Ritirata);
- **CNR UNI 10007:1963 01/07/1963** "Costruzione e manutenzione delle strade. Opere murarie";
- **CNR UNI 10009:1964 01/07/1964** "Prove sui materiali stradali. Indice di portanza cbr di una terra";
- **CNR UNI 10020:1971 01/01/1971** "Prova di aderenza su barre di acciaio ad aderenza migliorata";

2.3 Normativa europea

- **UNI ENV 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Dicembre 1991:** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici";
- **UNI ENV 1993-1-1: 1994/A1 (Eurocodice 3) – Ottobre 1998:** "Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici";
- **UNI CEN ISO/TS 22476-11:2005 26/09/2005 Eurocodice 7:** INGEGNERIA STRUTTURALE "Indagini e prove geotecniche";
- **UNI ENV 1998-1-1 (Eurocodice 8) – Ottobre 1997:** "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1-1: Regole generali – Azioni sismiche e requisiti generali per le strutture";
- **UNI ENV 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 1998:** "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 2: Ponti";
- **UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8) – Febbraio 1998:** "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici";

2.4 Normativa sismica nazionale:

- **Ordinanza n°3431 della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 03/05/2005;**
- **Decreto 21 ottobre 2003 della Presidenza Consiglio dei Ministri:** "Disposizioni di attuazione dell'art.2, commi 2,3 e 4 dell'OPCM del 20 marzo 2003 n°3274" e successive modifiche e integrazioni;

2.5 Normativa sismica regionale:

- **DELIBERAZIONE GIUNTA REGIONE LOMBARDIA 22 DICEMBRE 2005 N. 8/1566** - "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica,



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		11 di 25

idrogeologica e sismica del piano di Governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, primo comma, della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12”;

- **CIRCOLARE MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 2 FEBBRAIO 2009 N. 617** – “Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- **ISTRUZIONI 21 LUGLIO 2006 N. 66 del Consiglio Superiore dei lavori pubblici - Dipartimento per la protezione civile** – “Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche ed all’applicazione dell’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 e successive modificazioni ed integrazioni.

3 PROGRAMMI PER L’ANALISI AUTOMATICA

Per la risoluzione statica della struttura sono stati utilizzati Programma di calcolo ad elementi finiti monodimensionali, bidimensionali e tridimensionali della STS “Software Tecnico Scientifico”:

CDSWin Strutture C.A. e Acciaio

CDPWin Calcolo Plinti e pali di fondazione

CDCWin Verifica Sezioni C.A. e Acciaio.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO PE0410	LOTTO CA 2 10	CODIFICA RT	DOCUMENTO RT.00.00 002	REV.	FOGLIO 12 di 25
--------------------	------------------	----------------	---------------------------	------	--------------------

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

4.1 Calcestruzzo per fondazioni e pilastri $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$

Rapporto massimo acqua / cemento	0.50		
Slump	S4		
Tipo di cemento	CEM I, II		
Diametro massimo inerte	20 mm		
Contenuto minimo di cemento	320 Kg/m ³		
Classe Calcestruzzo	$\geq \text{C32/40 N/mm}^2$		
Contenuto minimo d'aria	5%		
Classe di esposizione	3 ambiente umido con gelo		
Aggregati resistenti al gelo	Si		
Classe di resistenza del calcestruzzo	R_{ck}	$= 40,00 \text{ N/mm}^2$	
Resistenza a compressione cilindrica	f_{ck}	$= 0.83 \times R_{ck}$	$= 33,20 \text{ N/mm}^2$
Valore medio resistenza cilindrica	f_{cm}	$= f_{ck} + 8$	$= 41,12 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	E_{cm}	$= 22000[f_{cm}/10]^{0.3}$	$= 33623 \text{ N/mm}^2$

Stati limite ultimi:

Resistenza a compressione cilindrica	f_{ck}	$= 0.83 \times R_{ck}$	$= 33.20 \text{ N/mm}^2$
Fattore di sicurezza cls	γ_c	$= 1.60$	
Resistenza a compressione di calcolo	f_{cd}	$= f_{ck} / \gamma_c$	$= 20,75 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	f_{ctm}	$= 0.27 \times [R_{ck}]^{2/3}$	$= 3,16 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	f_{ctk}	$= 0.7 \times f_{ctm}$	$= 2,21 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	f_{ctd}	$= f_{ctk} / \gamma_c$	$= 1.38 \text{ N/mm}^2$

Stati limite di esercizio:

Tensione limite di esercizio (ambiente poco aggr. Comb RARA)	f_{cd}	$= f_{ck} \times 0.60$	$= 19.92 \text{ N/mm}^2$
Tensione limite di esercizio (amb. poco aggr. Comb QPERM)	f_{cd}	$= f_{ck} \times 0.45$	$= 14.94 \text{ N/mm}^2$
Tensione limite di esercizio (amb. molto aggr. Comb RARA)	f_{cd}	$= f_{ck} \times 0.50$	$= 16.60 \text{ N/mm}^2$
Tensione limite di esercizio (amb. molto aggr. Comb QPERM)	f_{cd}	$= f_{ck} \times 0.40$	$= 13.28 \text{ N/mm}^2$

4.2 Acciaio per cemento armato ordinario B 450C

Tensione caratteristica a rottura	$f_{t \text{ nom}}$	$= 540.00 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{y \text{ nom}}$	$= 450.00 \text{ N/mm}^2$



Città di Cassano d'Adda					
Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2					
PROGETTO PE0410	LOTTO CA 2 10	CODIFICA RT	DOCUMENTO RT.00.00 002	REV.	FOGLIO 13 di 25

Stati limite ultimi:

Fattore di sicurezza acciaio	γ_s	= 1.15
Resistenza a trazione di calcolo	f_{yd}	= $f_{y\ nom} / \gamma_s = 391.00\ N/mm^2$

Stati limite di esercizio:

Trazione in acciaio ordinario (Comb. RARA)	$f_{y\ RARA}$	= $f_{y\ nom} \times 0.70 = 315,00\ N/mm^2$
Trazione in acciaio ordinario (Comb. FREQ e QPERM)		= 264,00 N/mm ²

Copriferro netto minimo 3 cm

Sovrapposizione continua 50 ϕ

4.3 Acciaio per carpenteria metallica S 355

Modulo elastico E = 210000 N/mm²

Resistenza di progetto ($t \leq 40\ mm$) $f_{yk} = 355.00\ N/mm^2$

4.4 Unioni bullonate

Si utilizzano bulloni ad alta resistenza M24 a passo fine di classe 8.8

Dadi Autobloccanti

Viteria brunita/zincata con lubrificazione (oliatura di fabbrica)

attrito sotto testa e del filetto $\alpha = 0,15$

Per quanto concerne le caratteristiche meccaniche, in base a quanto riportato nelle nuove norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008) si hanno:

Vite classe 8.8

Resistenza a rottura per trazione	f_t	= 800 N/mm ²
Resistenza allo snervamento	f_y	= 720 N/mm ²
Resistenza caratteristica di un bullone a trazione	f_k, N	= 560 N/mm ²
Resistenza di progetto a trazione	f_d, N	= 560 N/mm ²
Resistenza di progetto a taglio	f_d, V	= 396 N/mm ²

Coppia di serraggio dei bulloni: $M_S = 690\ [Nm]$

Forza di precarico (tensione sul bullone) $N = 155,489\ [N]$

4.5 Saldature

Tutte le saldature dovranno essere di classe I a cordoni d'angolo, continue, con spessore di gola minimo pari a 1,5 volte lo spessore minimo da unire.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		14 di 25

4.6 Micropali

Diametro del foro 200 mm

Tipo di acciaio S 355 JR

Lunghezza 12 m

Diametro esterno tubo acciaio 127 mm

Spessore tubo acciaio 8 mm

Valvole in ragione di 3 al metro lineare.

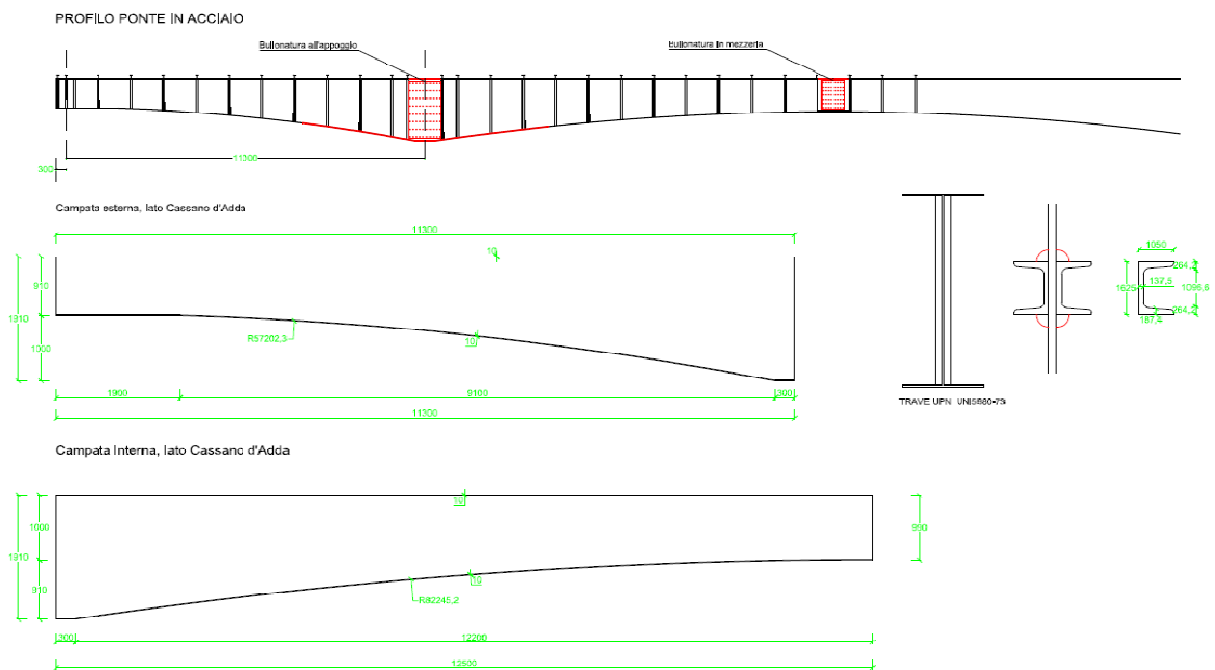


Città di Cassano d'Adda					
Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2					
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		15 di 25

5 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

5.1 Travi

Si riporta di seguito la sezione longitudinale della trave costituente la passerella con la individuazione dei conci e l'ubicazione degli irrigidimenti.





Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		16 di 25

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 Peso proprio carpenteria metallica

Il peso proprio delle travi metalliche è valutato in ragione di 78.5 kN/m³. In particolare si nota che per ogni concio si avranno pesi differenti.

In sede di combinazioni di carico i valori di sollecitazione saranno cautelativamente amplificati (per il 25%) in considerazione dei pesi aggiuntivi dovuti a giunti, bullonature e orditure minori.

6.2 Carichi ed ipotesi di calcolo

Il dimensionamento delle strutture e' stato effettuato tenendo conto delle seguenti ipotesi di calcolo:

peso proprio calcestruzzo	25	KN/m ³
terreno non rimaneggiato	18	KN/m ³
terreno rimaneggiato e compattato	17	KN/m ³
Carpenteria metallica	78,5	KN/m ³

Carichi stradali secondo D.M.14.01.2008:

“Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”

Azioni sismiche : zona 4 ai sensi dell'Ordinanza n°3274 della Presidenza del Consiglio dei ministri del 20/03/2003.

Terreni superficiali angolo d'attrito interno 32° e falda posta a livello inferiore della quota d'imposta delle fondazioni

Le acque del canale Retortello sono regimentate da chiuse e il livello di massima piena è inferiore all'altezza dell'intradosso della travata continua.

6.3 Azioni permanenti

Le azioni permanenti riguardano principalmente il peso proprio della trave a doppia T, a sezione variabile, il peso proprio dei piatti di rinforzo, il peso proprio della trave a c per il rinforzo flessionale, il peso proprio della lamiera bugnata di calpestio , il peso proprio del parapetto. Tutto il materiale è costituito da acciaio, per un peso complessivo di **122.77 kN** :



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		17 di 25

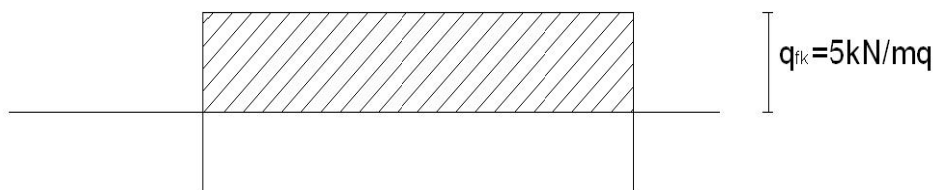
Trave in acciaio	82,21 kN
Piatti di rinforzo taglio	14.40 kN
Tavole passatoie	14.12 kN
Ganci L	0.55 kN
IPE 100 parapetti	2.26 kN
Correnti parapetti	4.52 kN
IPE 120 traversi	2.65 kN
IPE 120 traversi	2.42 kN
TOTALE	122.77 kN

6.4 Azioni Accidentali

I carichi variabili da traffico sono definiti dagli Schemi di Carico descritti nel §5.1.3.3.3, del D.M. 14/01/08 disposti su corsie convenzionali.

Si sono definite le azioni accidentali, comprensive degli effetti dinamici, in base al seguente Schema di Carico:

- Folla compatta, ovvero un carico distribuito di 5 KN/m^2 come mostrato nella figura seguente (schema di carico 5 come da normativa):



6.5 Azioni Variabili di vento e neve

Mentre si può considerare trascurabile l'azione del vento, il carico di neve considerato è di $1,9 \text{ KN/m}^2$

6.6 Azioni Sismiche

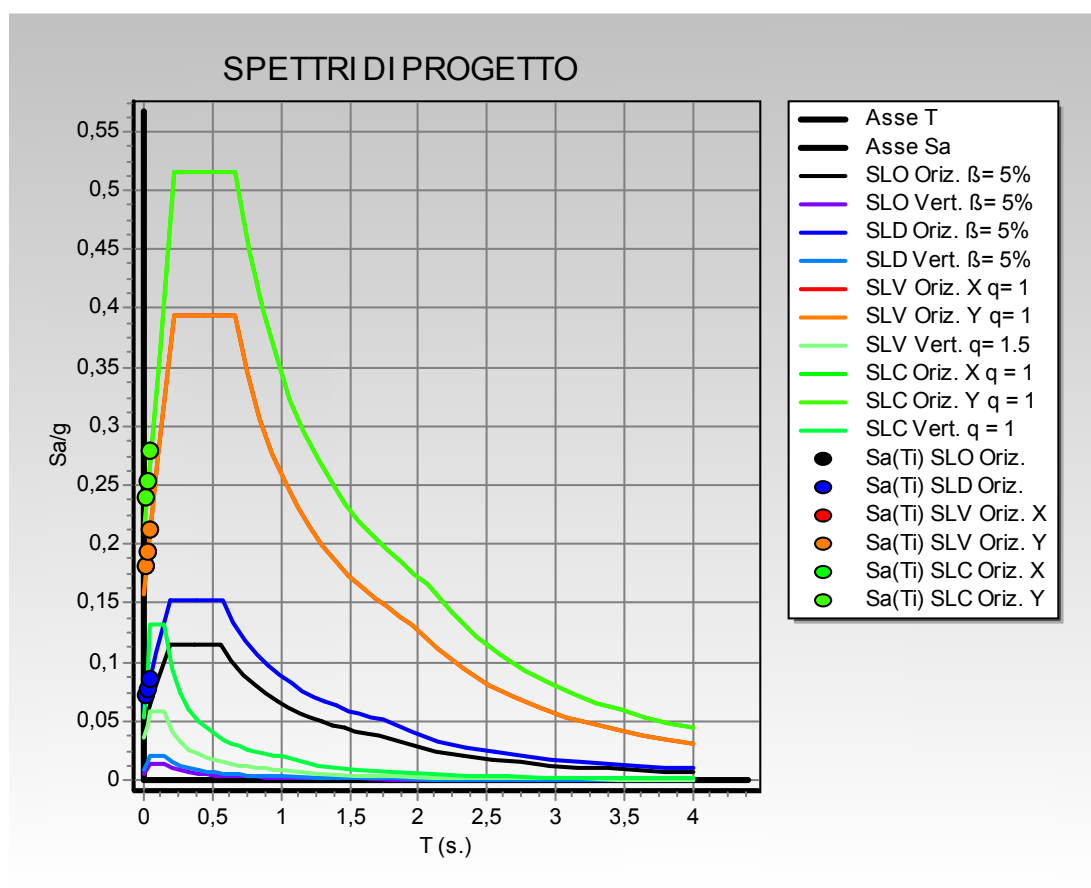
Per quanto riguarda le azioni sismiche si riporta di seguito lo spettro accelerometrico di progetto.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO PE0410	LOTTO CA 2 10	CODIFICA RT	DOCUMENTO RT.00.00 002	REV.	FOGLIO 18 di 25
--------------------	------------------	----------------	---------------------------	------	--------------------



6.7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico che dovremo considerare ai fini delle verifiche saranno stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al Cap. 2 del DM 14/01/08.

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, saranno considerate le seguenti combinazioni di carico:

CONDIZIONE DI CARICO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. PESO PROPRIO	1,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.SOVRACCARICO PERMANENTE	1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VARIABILE AMBIENTE AFFOLLATO	1,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
VARIABILE NEVE	1,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
CORR. TORS. DIR. 0	0	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
CORR. TORS. DIR. 90	0	0,3	0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,3
SISMA DIREZ. GRADI 0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SISMA DIREZ. GRADI 90	0	0,3	0,3	0,3	0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-0,3	-0,3	-0,3



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO PE0410	LOTTO CA 2 10	CODIFICA RT	DOCUMENTO RT.00.00 002	REV.	FOGLIO 19 di 25
--------------------	------------------	----------------	---------------------------	------	--------------------

CONDIZIONE DI CARICO N°	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1. PESO PROPRIO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.SOVRACCARICO PERMANENTE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VARIABILE AMBIENTE AFFOLLATO	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
VARIABILE NEVE	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
CORR. TORS. DIR. 0	1	0,3	-0,3	0,3	-0,3	0,3	-0,3	0,3	-0,3	-0,3	0,3	-0,3	0,3	-0,3	0,3	-0,3	0,3
CORR. TORS. DIR. 90	0,3	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
SISMA DIREZ. GRADI 0	-1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-0,3	0,3	-0,3	0,3	-0,3	0,3	-0,3	-0,3
SISMA DIREZ. GRADI 90	-0,3	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1

7 VERIFICHE DI SICUREZZA

Le verifiche di sicurezza sulle varie parti dell'opera saranno effettuate sulla base dei criteri definiti dal DM 14/01/08.

In particolare saranno effettuate le verifiche allo stato limite ultimo, ivi compresa la verifica allo stato limite di fatica, ed agli stati limite di servizio riguardanti gli stati di fessurazione e di deformazione.

Le combinazioni di carico da considerare ai fini delle verifiche sono quelle sopra descritte e sono state stabilite in modo da garantire la sicurezza secondo quanto definito nei criteri generali enunciati al Cap. 2 delle cogenti norme tecniche.

7.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Si dovrà verificare che sia: $E_d \leq R_d$, dove E_d è il valore di progetto degli effetti delle azioni ed R_d è la corrispondente resistenza di progetto.

7.2 Stati Limite di Esercizio

Per gli Stati Limite di Esercizio si dovrà verificare che sia: $E_d \leq C_d$, dove C_d è un valore nominale o una funzione di certe proprietà materiali legate agli effetti progettuali delle azioni considerate, ed è il valore di progetto dell'effetto dell'azione determinato sulla base delle combinazioni di carico.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		20 di 25

7.3 Verifiche allo stato limite di fatica

Le verifiche saranno condotte considerando spettri di carico differenziati, a seconda che si conduca una verifica per vita illimitata o una verifica a danneggiamento.

7.4 Verifiche allo stato limite di fessurazione

Per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture viene prefissato uno stato limite di fessurazione, commisurato alle condizioni ambientali e di sollecitazione, nonché alla sensibilità delle armature alla corrosione.

Per le strutture in calcestruzzo armato ordinario, devono essere rispettate le limitazioni di cui alla Tab. 4.1.VI,(paragrafo 5.1.4.4, DM14/01/08) per armatura poco sensibile.

7.5 Verifiche allo stato limite di deformazione

L'assetto della struttura, valutata in base alle combinazioni di carico precedentemente indicate, dovrà risultare compatibile con la geometria della struttura stessa in relazione alle esigenze del traffico, nonché con i vincoli ed i dispositivi di giunto previsti in progetto.

Le deformazioni della struttura non dovranno arrecare disturbo al transito dei carichi mobili e alle velocità di progetto della strada.

7.6 Verifiche delle azioni sismiche

Le verifiche nei riguardi delle azioni sismiche vanno svolte secondo i criteri ed i metodi esposti nel relativo § 3.2. del DM 14/01/08

7.7 Verifiche in fase di costruzione

Le verifiche di sicurezza verranno svolte anche per le singole fasi di costruzione dell'opera, tenendo conto dell'evoluzione dello schema statico e dell'influenza degli effetti differiti nel tempo.

Verranno verificate anche le eventuali centine e le altre attrezzature provvisorie previste per la realizzazione dell'opera.



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		21 di 25

8 SCELTA E VERIFICA DEI BULLONI

8.1. Metodi di collegamento

8.1.1. Generalità

La struttura in acciaio della passerella pedonale è costituita da lamiere dello spessore di 10 mm. Tali lamiere, al fine di costituire l'intero manufatto che si desidera realizzare, sono collegate fra loro in modo da trasmettere da una membratura all'altra le sollecitazioni derivanti dal peso proprio, dai carichi di servizio e dalle azioni esterne.

I collegamenti delle singole parti della trave a doppio T sono realizzati con cordoni di saldatura continui di raggio 15 mm.

La lunghezza totale dell'intera travata continua è di circa 4700 cm.

Per poter trasportare la passerella in acciaio dall'officina al cantiere si rende necessario spezzarla in 4 tronconi di circa 1250 cm, quello più lungo.

Le giunzioni tra i vari tronconi saranno realizzate con piastre di uguale spessore e con bulloni ad alta resistenza M24 con rondelle di distribuzione del carico.

8.1.2. Saldatura

La saldatura tra l'anima e le ali della trave a doppio T rappresenta il metodo ideale di collegamento in quanto assicura la fusione dei lembi da saldare e del materiale d'apporto usato per alimentare il bagno di fusione: si realizza in tal modo la continuità metallica tra le parti saldate.

La saldatura comporta notevoli difficoltà di esecuzione in opera, e quindi la buona esecuzione è legata all'alta professionalità degli operatori ed a condizioni ambientali favorevoli, assenza di vento e umidità che si possono trovare solo in stabilimento, dove è possibile effettuare i controlli sia qualitativi che geometrici della struttura.

8.1.3. Bullonatura

Parallelamente all'utilizzo delle saldature si è ricorso all'impiego di bulloni, soprattutto per le giunzioni da eseguire in opera.

Poiché non possono essere accettati assestamenti nella struttura si è fatto ricorso ai bulloni ad alta resistenza, che possono lavorare ad attrito permettendo la realizzazione di giunzioni più versatili: esse assicurano al giunto, nelle condizioni di esercizio, una mancanza di deformabilità relativa, ed una maggior sicurezza nella rispondenza al progetto, oltre che una più agevole messa in opera, rispetto alla saldatura.

8.2. Materiali dei bulloni

8.2.1. Classi di appartenenza

I bulloni utilizzati hanno una classe di resistenza 8.8 .

I valori nominali della resistenza a rottura e della resistenza allo snervamento sono:

il valore della resistenza a rottura $f_t = 800 \text{ N/mm}^2$

il valore dello snervamento $f_y = 800 \times 0,8 = 640 \text{ N/mm}^2$.

La resistenza caratteristica dei bulloni di classe 8,8 a trazione

$f_{k,N} (8.8) = \text{N/mm}^2 800 \times 0,7 = \text{N/mm}^2 560$.

La resistenza di progetto a trazione $f_{d,N}$ è uguale a $f_{k,N}$ e la resistenza di progetto a taglio

$f_{k,V}$ è uguale a $f_{k,N}/\sqrt{2} = 560/1,41 = \text{N/mm}^2 396$



Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		22 di 25

8.2.2. Bulloni ad alta resistenza

I bulloni ad alta resistenza vengono impiegati per le giunzioni ad attrito, nelle quali l'efficacia del giunto è affidata all'attrito prodotto dalla pretensione dovuta al momento di serraggio a cui è sottoposto il bullone.

8.3. Verifiche

8.3.1. Bulloni impegnati ad attrito

Nel caso si vogliono impedire gli scorrimenti nelle giunzioni, affidando lo sforzo da trasmettere all'attrito fra le superfici a contatto, i valori massimi delle sollecitazioni non devono superare i valori trasmissibili

$$V_{f,0} = 0,24 N_s$$

dove il coefficiente 0,24 è il rapporto fra coefficiente d'attrito per giunzioni effettuate in opera e il coefficiente di riduzione 1,25 nei confronti dello slittamento ed N_s è la forza indotta nel gambo della vite dal momento torcente applicato e pari a

$$N_s = 0,8 f_k N \times A_{res}$$

8.4. Tabelle

Si riportano, di seguito, per i bulloni M24 classe 8,8 alcuni dati caratteristici:

FORZA $V_{f,N}$ [kN] TRASMISSIONE PER ATTRITO IN FUNZIONE DELLA FORZA ASSIALE DI TRAZIONE N [kN] PER CIASCUNO PIANO DI CONTATTO

$$V_{f,N} \text{ [kN]} = 37,95$$

$$N \text{ [kN]} = 0,24 N$$

FORZA ASSIALE N [kN] MASSIMA CHE PUO' AGIRE NEL BULLONE

$$N \text{ [kN]} = 126,51$$

MASSIMO TAGLIO V [kN] ASSORBIBILE DA UN BULLONE IMPEGNATO NELLA ZONA NON FILETTATA PER OGNI PIANO DI TAGLIO

$$V \text{ [kN]} = 178,99$$



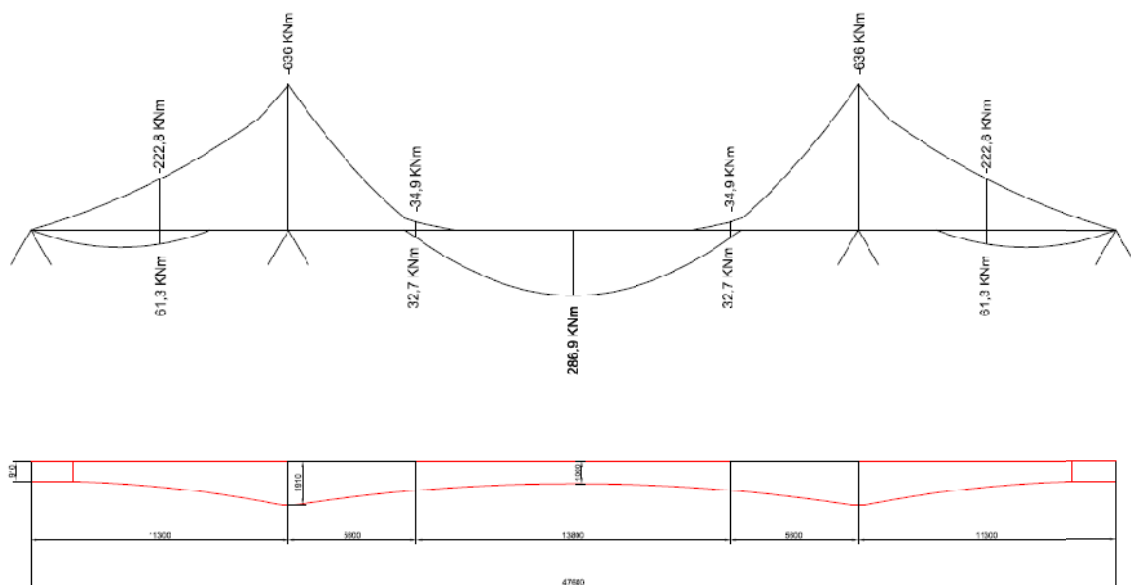
Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		23 di 25

9 CALCOLO SOLLECITAZIONI

9.1 Inviluppo Diagrammi dei Momenti



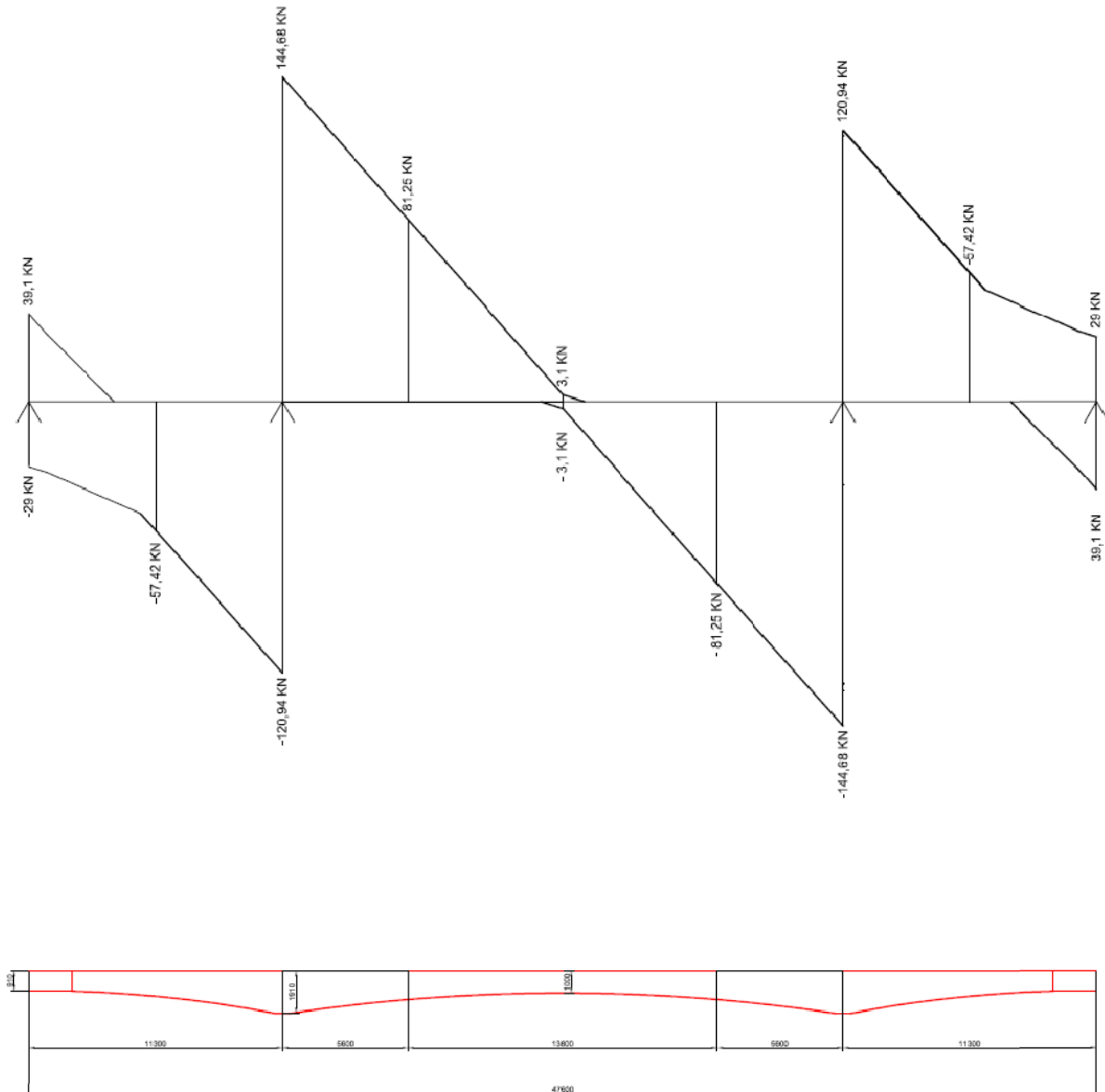


Città di Cassano d'Adda

Opere Infrastrutturali pista ciclabile – Tratto n°2

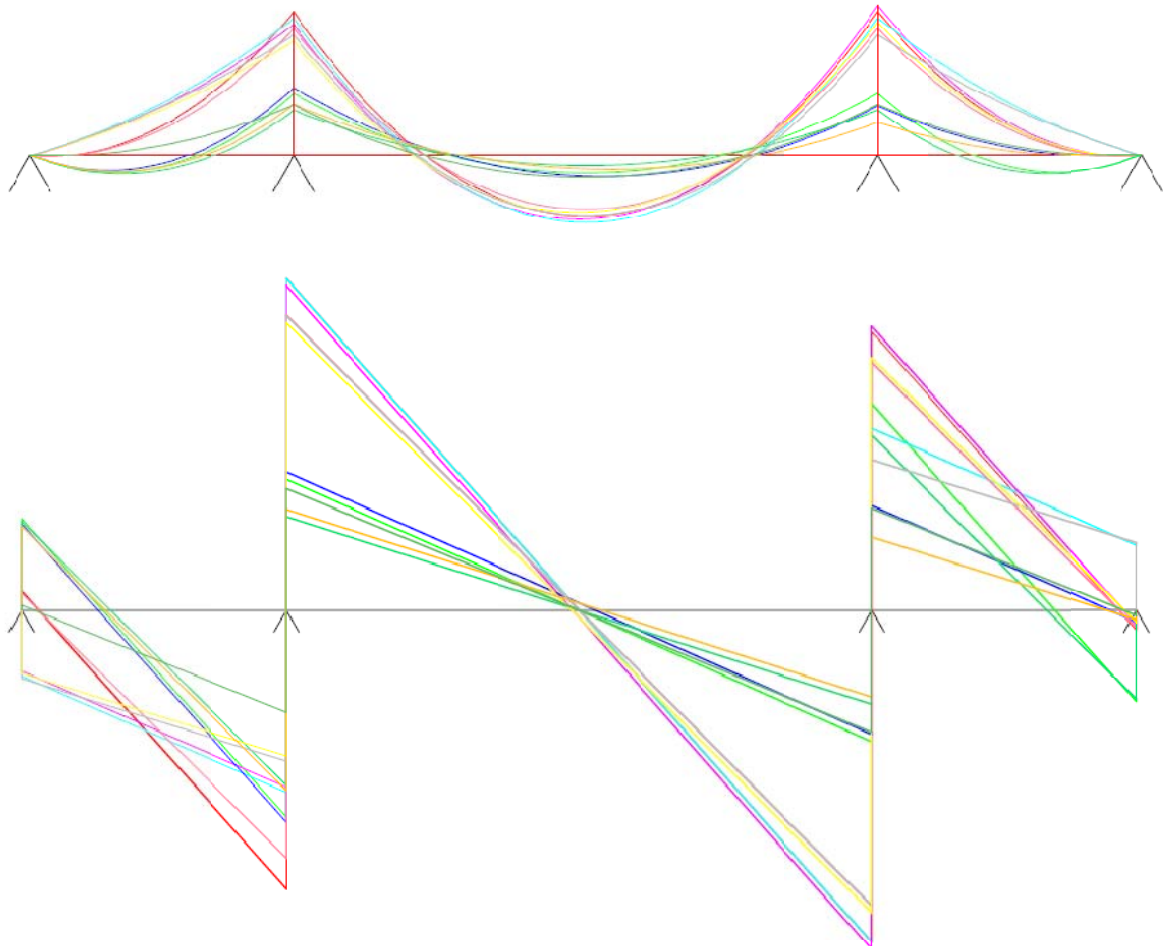
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		24 di 25

9.2 Involuppo Diagrammi dei Tagli



PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PE0410	CA 2 10	RT	RT.00.00 002		25 di 25

9.3 Momenti e Tagli nelle varie condizioni di carico.



10 RELAZIONE DI CALCOLO

La relazione di calcolo e i relativi tabulati sono allegati e parte integrante e complementare della presente relazione tecnica.