

TANGENZIALE EST ESTERNA DI MILANO

CODICE C.U.P. I21B05000290007
CODICE C.I.G. 017107578C

PROGETTO ESECUTIVO

LOTTO C

INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESISTICO - AMBIENTALE, RIPRISTINO E COMPENSAZIONI

PROGETTO SPECIALE AMBIENTALE N.5 "LAMBRO-MELEGNANO" PASSERELLA CICLOPEDONALE "FIUME LAMBRO"

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

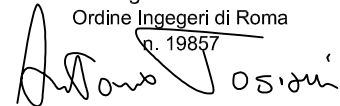
IL PROGETTISTA

LANDE S.r.l.

Dott. Ing. Antonio Tosiani

Ordine Ingegneri di Roma

n. 19857




Dott. Ing. Giorgio Tagliarue

Ordine Ingegneri Provincia di Bergamo
n. 1516

CONSORZIO COSTRUTTORI TEEM
IL DIRETTORE TECNICO



Dott. Ing. Rocco Magri

RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Dott. Ing. Pietro Mazzoli

Ordine Ingegneri di Parma
n. 821

IL CONCEDENTE



IL CONCESSIONARIO

tangenziale
esterna

IL DIRETTORE DEI LAVORI

EM./REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE PROGETTUALE	CONTR.	APPROV.
A	30.04.2014	EMISSIONE	M. ALTIERI	M. VARI	A. TOSIANI

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

DATA: 30.04.2014

NUM. Progr. FASE LOTTO ZONA OPERA TRATTO OPERA AMBITO TIPO ELABORATO PROGRESSIVA REV.
C 4 1 1 4 **E** **C** **AC4** **MAJ05** **0** **IA** **RC** **004** **A**

SCALA:

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 2 di 83
------------	------------------	---	-----------	-------------------

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
2.1	Normativa emessa dallo stato italiano	7
2.2	Normativa emanata dal C.N.R.	8
2.3	Norme UNI	8
3	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	9
4	PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA	10
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	11
5.1	Calcestruzzo per elevazioni	11
5.2	Calcestruzzo per soletta	11
5.3	Calcestruzzo per fondazioni.....	12
5.4	Acciaio per cemento armato	12
5.5	Acciaio per carpenteria metallica.....	13
5.5.1	Travi, traversi e piastre	13
5.5.2	Viti e bulloni	13
5.5.3	Saldature	13
5.6	Micropali di fondazione.....	13
6	DESCRIZIONE DEL MODELLO	14
6.1.1	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	14
6.1.2	Individuazione del codice di calcolo.....	14
6.1.3	Sistemi di riferimento	15
6.1.4	Unità di misura.....	16
6.1.5	Modello di calcolo	17
6.2	Travi metalliche longitudinali.....	19
6.3	Trasversi metallici.....	24
7	ANALISI DEI CARICHI: TRAVI PRINCIPALI.....	26
7.1	Peso carpenteria metallica (PTR).....	26
7.2	Permanente portato (PERM).....	26
7.3	Azione del vento (VENTO).....	27
7.3.1	Calcolo della pressione del vento.....	27
7.3.2	Velocità base di riferimento.....	27
7.3.3	Periodo di ritorno e velocità di riferimento di progetto	28
7.3.4	Coefficiente di topografia	28
7.3.5	Coefficiente di esposizione	28
7.3.6	Pressione cinetica di picco del vento	29
7.3.7	Calcolo delle azioni sulle travi d'impalcato.....	29
7.4	Sovraccarico accidentale (ACCENVE)	30
7.5	Azione della neve (NEVE)	30
7.6	Azione sismica (SLV).....	31
8	ANALISI DEI CARICHI: TRAVERSI	33
8.1	Peso proprio carpenteria metallica (PTR).....	33
8.2	Peso permanente portato (PERM).....	33
8.3	Sovraccarichi accidentali (ACC)	33
8.4	Azione del vento (VENTO).....	34
8.5	Instabilità piattabanda compressa della trave principale.....	34
9	QUADRO DELLE COMBINAZIONI ADOTTATE	35
9.1	Combinazioni di carico statiche.....	35
9.2	Combinazioni di carico sismiche	35
10	RISULTATI DELL'ANALISI MODALE	36
11	VERIFICHE TRAVI LONGITUDINALI.....	37
11.1	Criteri di verifica impiegati.....	37
11.2	Verifica delle travi longitudinali.....	37
11.2.1	Tensioni acciaio: involucro dei massimi e dei minimi.....	38
11.3	Verifica all'imbozzamento dei pannelli d'anima.....	39
11.3.1	Verifica pannello d'anima nella sezione di mezzeria.....	42

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 3 di 83
------------	------------------	---	-----------	-------------------

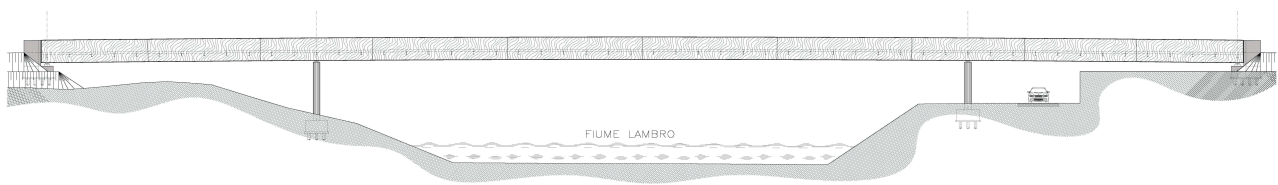
11.3.2	Verifica pannello d'anima nella sezione di appoggio pile	43
11.4	Verifiche integrative	44
11.4.1	Verifiche delle piattabande superiori ed inferiori	44
11.4.2	Verifiche del montante verticale	47
11.4.3	Verifiche saldature di composizione	52
12	VERIFICA DEI TRAVERSI	53
12.1	Sollecitazioni di verifica	53
12.2	Verifiche tensionali e di resistenza	54
12.2.1	Verifica sezione di mezzeria (Mmax+)	54
12.2.2	Verifica sezione di giunto (Mmax-)	55
12.3	Stabilità all'imbozzamento	56
12.4	Stabilità flessione-torsionale (svergolamento)	57
12.5	Calcolo e verifica delle giunzioni flangiate	58
12.5.1	Calcolo delle forze indotte da M nei bulloni	58
12.5.2	Calcolo delle forze indotte da T nei bulloni	59
12.5.3	Verifica dei bulloni	59
12.5.4	Verifica della controflangia	60
13	SOLLEVAMENTO DELL'IMPALCATO	62
13.1	Verifica irrigidimento verticale	62
14	VERIFICA CONTROVENTI	64
14.1	Verifica del profilato ad "L" (90x90x6)	64
14.2	Verifica dell'unione bullonata	67
14.2.1	Rottura a taglio del gambo del bullone	67
15	CALCOLO DELL'ESCURSIONE APPOGGI E GIUNTI	68
16	FRECCE E CONTROMONTE	69
16.1	Travi longitudinali	69
16.2	Traversi	70
16.3	Contromonta	71
17	CALCOLO DELLE REAZIONI VINCOLARI	72
18	EFFETTI LOCALI - CALCOLO E VERIFICA DELLA SOLETTA IN C.A.	74
18.1	Verifica lamiera grecata	75
18.1.1	Schema statico	75
18.1.2	Analisi dei carichi	75
18.1.3	Calcolo freccia in mezzeria	75
18.1.4	Verifica di resistenza	77
18.2	Verifica longitudinale soletta	78
18.2.1	Schema statico	78
18.2.2	Analisi dei carichi	78
18.2.3	Combinazioni di carico per le verifiche	79
18.2.4	Sollecitazioni	79
18.2.5	Verifiche agli Stati Limite	80

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	4 di 83

1 PREMESSA

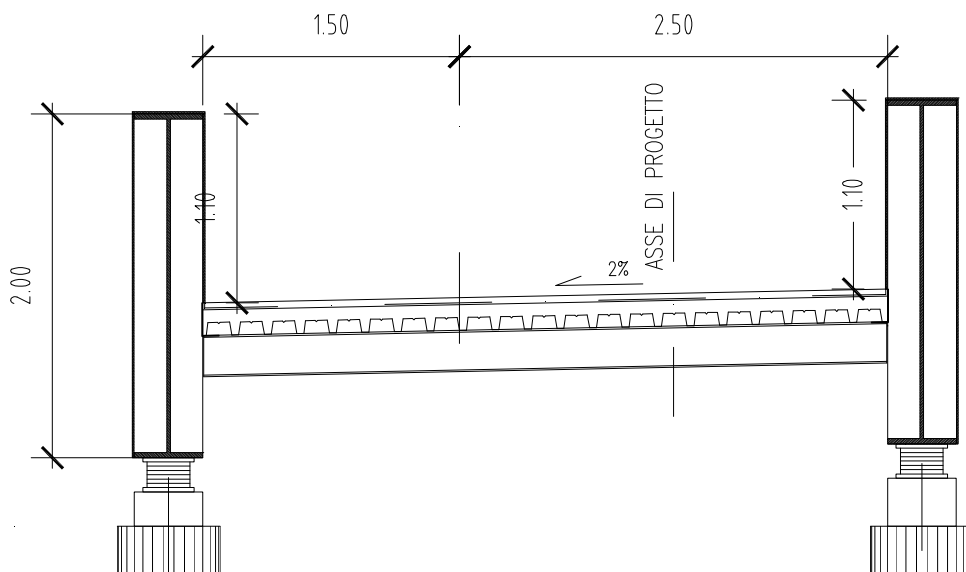
Scopo del presente lavoro è l'analisi statica delle strutture dell'impalcato costituenti la passerella ciclo-pedonale sul fiume Lambro, nel comune di Cerro al Lambro (MI); tale opera risulta inquadrata nell'ambito del Progetto Definitivo della nuova Tangenziale Est Esterna di Milano (viabilità di raccordo S.P.17-S.P.40-S.S.9 nei comuni di Cerro al Lambro, Vizzolo Predabissi e Melegnano).

Per dare continuità al percorso ciclopedonale di Cerro al Lambro è prevista la realizzazione di una passerella in fregio ad un ponte-canale esistente, in muratura a tre archi, di particolare interesse storico artistico in quanto risalente all'epoca napoleonica (1860 circa). La necessità di contenere le dimensioni della passerella in modo tale da ridurre l'impatto visivo, pur in considerazione della grande luce da coprire, ha orientato le scelte strutturali operate.



Prospetto passerella

Si è quindi optato per la tipologia di ponte a via di corsa inferiore con travi in acciaio a doppia 'T' in composizione saldata, riuscendo così a contenere l'ingombro verticale del ponte limitatamente all'altezza delle due travi longitudinali (pari a 2.0 m) e comunque limitate all'altezza del necessario parapetto.

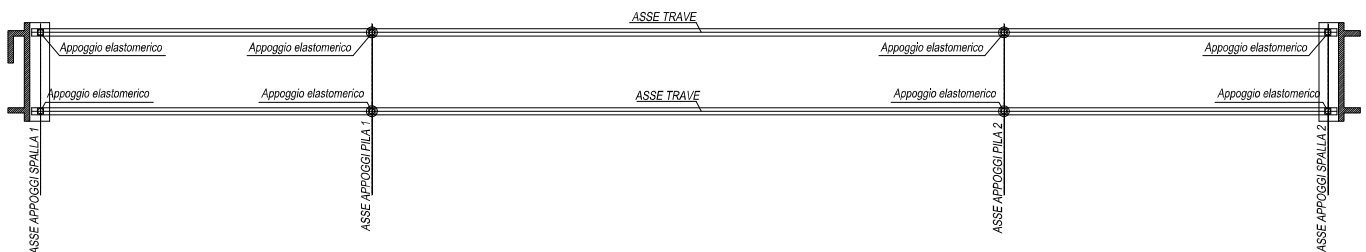


Sezione trasversale passerella

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 5 di 83
------------	------------------	---	-----------	-------------------

La passerella, a sviluppo planimetrico rettilineo, ha una campata centrale di 58.0 m e due campate di riva di 24.0 m ciascuna, per complessivi 106.0 m di opera (più due retrotrave da 50 cm). La suddivisione in conci (dettagliata negli elaborati grafici di progetto) viene effettuata in base a criteri di trasportabilità e movimentazione. L'assemblaggio, da realizzarsi in opera, verrà effettuato tramite saldature a completo ripristino. Altimetricamente, alla sezione di mezzeria della campata centrale viene imposta una controfreccia di 11 cm, necessaria al recupero delle deformazioni relative ai carichi permanenti più una percentuale dei carichi accidentali e, contemporaneamente, favorire lo smaltimento delle acque di superficie.

Gli appoggi delle travi, su pile e spalle sono costituiti da isolatori elastomerici aventi uno smorzamento pari al 16%. Tali isolatori consentono pertanto il disaccoppiamento del moto sismico dell'impalcato da quello della restante sottostruttura. Si viene a realizzare pertanto una struttura isolata.



Schema appoggi (figura non in scala)

L'impalcato è irrigidito da traversi realizzati con profilati in acciaio tipo IPE 240, posti ad un interasse di 2.0 m, sui quali viene posata una lamiera grecata zincata che accoglie il getto di completamento in calcestruzzo a supporto della pavimentazione.

Alle due estremità dell'impalcato, per una fascia di 4.50 m dal retro trave, la lamiera grecata è stata posizionata sull'ala inferiore del traverso e di conseguenza la soletta ha uno spessore maggiore rispetto al resto dell'impalcato. Tutto questo per evitare il sollevamento dell'impalcato sugli appoggi posti sulle due spalle.

La superficie pavimentata, complessivamente larga 4.0 m, è suddivisa in due corsie dedicate l'una al transito di pedoni (larghezza pari a 1.5 m), l'altra al transito di biciclette (larghezza pari a 2.5 m).

A livello di finitura e per un migliore inserimento dell'opera nel contesto le travi portanti longitudinali in acciaio vengono tamponate con pannelli di rivestimento in legno.

Le sottostrutture vengono trattate nella specifica relazione di calcolo.

<i>CCT</i>	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 6 di 83
-------------------	------------------	---	-----------	-------------------

Per ulteriori dettagli si rimanda agli appositi elaborati grafici di progetto.

I criteri generali di progettazione delle opere seguono la ormai affermata e codificata filosofia del *'metodo agli stati limite'* che prevede l'analisi sia degli stati di servizio/esercizio sia ultimi.

Anche la scelta dei materiali, in particolar modo della composizione dei calcestruzzi, in base alla tipologia di opera da eseguire, è subordinata a detti criteri, cui sempre più la normativa fa riferimento per sensibilizzare le amministrazioni alle problematiche di durabilità e manutenzione.

In generale i fondamenti normativi su cui si basa la progettazione definitiva svolta in questo contesto si basano sulle prescrizioni del D.M. 14/01/2008.

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 7 di 83
------------	------------------	---	-----------	-------------------

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa emessa dallo stato italiano

- **Legge n.1086 del 05/11/1971:** "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- **Legge n.64 del 02/02/1974:** "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- **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" (parzialmente superato dal D.M. 14.01.2008 e relative istruzioni).
- **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" (parzialmente superato dal D.M. 14.01.2008 e relative istruzioni).
- **Ministero delle Infrastrutture - D.M. 14/01/2008:** "Nuove norme tecniche per le costruzioni".
- **Consiglio Superiore dei LL.PP. – Circ. n°617 del 02/02/2009:** "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008".
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale (febbraio 2008):** "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive".
- **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. n°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".

<i>CCT</i>	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 8 di 83
-------------------	------------------	---	-----------	-------------------

2.2 Normativa emanata dal C.N.R.

- **CNR-10011/97:** "Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".
- **CNR-10030/87:** "Anime irrigidite di travi a parete piena".
- **CNR-10018/85:** "Apparecchi d'appoggio in gomma e PTFE nelle costruzioni: Istruzioni per il calcolo e l'impiego".
- **CNR-DT 207/2008:** "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".
- **CNR 10024:** "Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e redazione delle relazioni di calcolo".

2.3 Norme UNI

Tutte le Norme UNI richiamate nei D.M., Istruzioni, Circolari di cui si fa menzione e in particolare:

- **UNI EN 197-1:** "Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni".
- **UNI EN 206-1:** "Calcestruzzo - Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità".
- **UNI 11104/2004:** "Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1".

<i>CCT</i>	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 9 di 83
-------------------	------------------	---	-----------	-------------------

3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- G. Ballio – F.M. Mazzolani: **Strutture in acciaio**
Ulrico Hoepli Editore 1988
- Migliacci – F. Mola: **Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.**
Masson Italia Editori 1985
- C. Cestelli Guidi: **Geotecnica e tecnica delle fondazioni**
Ulrico Hoepli Editore 1987

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 10 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

4 PROGRAMMI PER L' ANALISI AUTOMATICA

- **SAP2000 Advanced rel. 14.0**

Structural Analysis program – Computers and Structures, Inc. – Berkeley CA, USA

Programma di calcolo ad elementi finiti monodimensionali, bidimensionali e tridimensionali.

- **Sezca Stati Limite rel. 1.0.1**

Distribuito dall'Ing. R. Tritto

Programma di calcolo per le verifiche alle Tensioni Ammissibili ed agli Stati Limite di sezioni in c.a. e c.a.p.

- **Spettri di risposta ver. 1.0.3**

Foglio Excel del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per il calcolo degli spettri di risposta secondo le nuove NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	11 di 83

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

5.1 Calcestruzzo per elevazioni

Resistenza caratteristica a compressione cubica	$R_{ck} =$	40.00 N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck}$	= 33.20 N/mm ²
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	= 41.20 N/mm ²
Modulo elastico	$E_c = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	= 33642.78 N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3}$	= 3.10 N/mm ²
Resistenza a trazione caratteristica (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm}$	= 2.17 N/mm ²
Stato Limite Ultimo		
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C =$	1.50 --
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85 --
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_C$	= 18.81 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C$	= 1.45 N/mm ²
Stato Limite di Esercizio		
Tensione max di compressione - Comb. rara	$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck}$	= 19.92 N/mm ²
Tensione max di compressione - Comb. quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck}$	= 14.94 N/mm ²

5.2 Calcestruzzo per soletta

Resistenza a compressione cubica caratteristica:	$R_{ck} = 37$ N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 30.71$ N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica a compressione:	$f_{cm} = 38.71$ N/mm ²
Valore medio della resistenza a trazione del calcestruzzo:	$f_{ctm} = 2.90$ N/mm ²
Valore caratteristico della resistenza a trazione del calcestruzzo:	$f_{ctk} = 2.03$ N/mm ²
Valore medio del modulo elastico:	$E_c = 32837$ N/mm ²
Stato limite ultimo	
Coefficiente parziale di sicurezza:	$\gamma_c = 1.5$
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} = 0.85$
Valore di calcolo della resistenza cilindrica a compressione:	$f_{cd} = 17.40$ N/mm ²
Valore di calcolo della resistenza a trazione:	$f_{ctd} = 1.35$ N/mm ²
Stato limite di Esercizio	
Tensione max di compressione – Comb. Rara	$\sigma_c = 18.43$ N/mm ²
Tensione max di compressione – Comb. Quasi permanente	$\sigma_c = 13.82$ N/mm ²

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	12 di 83

5.3 Calcestruzzo per fondazioni

Resistenza caratteristica a compressione cubica	$R_{ck} =$	30.00 N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck}$	= 24.90 N/mm ²
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	= 32.90 N/mm ²
Modulo elastico	$E_c = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	= 31447.16 N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3}$	= 2.56 N/mm ²
Resistenza a trazione caratteristica (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm}$	= 1.79 N/mm ²
Stato Limite Ultimo		
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C =$	1.50 --
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85 --
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_C$	= 14.11 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C$	= 1.19 N/mm ²
Stato Limite di Esercizio		
Tensione max di compressione - Comb. rara	$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck}$	= 14.94 N/mm ²
Tensione max di compressione - Comb. quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck}$	= 11.21 N/mm ²

5.4 Acciaio per cemento armato

Si utilizza un acciaio del tipo **B450C** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

Tensione caratteristica di rottura (frattile 5%)	$f_{tk} =$	540.00 N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento (frattile 5%)	$f_{yk} =$	450.00 N/mm ²
Stato Limite Ultimo		
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_S =$	1.15 --
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S$	= 391.30 N/mm ²
Stato Limite di Esercizio		
Tensione massima di trazione	$\sigma_s < 0.80 \times f_{yk}$	= 360.00 N/mm ²

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 13 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

5.5 Acciaio per carpenteria metallica

5.5.1 Travi, traversi e piastre

Si utilizza un acciaio strutturale resistente agli agenti atmosferici tipo **S-275 J0 W** (zincato), conforme alle norme UNI EN 10025-2, con le seguenti caratteristiche meccaniche:

Modulo elastico	$E = 210000 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di snervamento ($t \leq 40 \text{ mm}$)	$f_{yk} = 275.00 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di rottura ($t \leq 40 \text{ mm}$)	$f_{tk} = 430.00 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di sicurezza per resistenza membrature	$\gamma_{M0} = 1.05 -$
Coefficiente di sicurezza per instabilità nei ponti	$\gamma_{M1} = 1.10 -$
Resistenza di calcolo membrature ($t \leq 40 \text{ mm}$)	$f_d = 261.90 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo per instabilità ($t \leq 40 \text{ mm}$)	$f_d = 250.00 \text{ N/mm}^2$

5.5.2 Viti e bulloni

Si utilizzano bulloni ad alta resistenza di **classe 8.8**. Per le caratteristiche meccaniche si fa riferimento a quanto riportato nel paragrafo 11.3.4.6.1 del D.M. 14/01/2008.

5.5.3 Saldature

In base a quanto riportato in D.M. 14/01/2008 paragrafo 11.3.4.5, la saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001.

In particolare tutte le saldature delle membrature principali dovranno essere a **completo ripristino di I classe**.

Le saldature delle orditure secondarie saranno a **cordoni d'angolo continue**, con spessore di gola minimo pari a 0.7 volte lo spessore minimo da unire.

5.6 Micropali di fondazione

I micropali di fondazione sono costituiti da tubi $\varnothing 168.3 \text{ mm}$, spessore 10 mm, d'acciaio tipo S275. Il diametro di perforazione è pari a 220 mm.

<i>CCT</i>	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 14 di 83
-------------------	------------------	---	-----------	--------------------

6 DESCRIZIONE DEL MODELLO

6.1.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

La struttura e' stata schematizzata escludendo il contributo degli elementi aventi rigidità e resistenza trascurabili a fronte dei principali. E' quindi stata considerata l'orditura a telaio bidimensionale costituita dall'impalcato e dalle pile incastrate allo spiccato. In corrispondenza dell'appoggio dell'impalcato con le spalle sono stati introdotti due vincoli di cerniera.

La struttura e' modellata con il metodo degli elementi finiti, applicato a sistemi bidimensionali. Gli elementi utilizzati sono monodimensionali (trave con eventuali sconnessioni interne). I vincoli sono considerati puntuali ed inseriti tramite le sei costanti di rigidità elastica.

Le analisi strutturali condotte sono statiche in regime lineare. La verifica delle membrature in cemento armato viene eseguita considerando tutte le caratteristiche di sollecitazione.

6.1.2 Individuazione del codice di calcolo

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato modellando la struttura con il seguente programma: SAP2000, versione 14.0 prodotto, distribuito ed assistito da Computers and Structures, Inc.1995 University Ave. Berkeley. Questa procedura è sviluppata in ambiente Windows, permette l'analisi elastica lineare e non di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono i frame (trave), con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse, e le shell, aventi comportamento di membrana e di piastra. I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. A supporto del programma è fornito un ampio manuale d'uso contenente fra l'altro una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

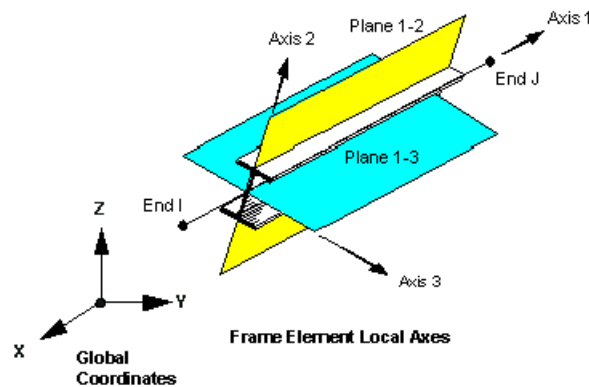
Tale programma fornisce in output, oltre a tutte le caratteristiche geometriche e di carico delle strutture, i risultati relativi alle sollecitazioni indotte nelle sezioni degli elementi presenti. Il programma usa le seguenti convenzioni.

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 15 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

6.1.3 Sistemi di riferimento

Si fa riferimento agli elementi asta che sono gli elementi che compongono gli usuali telai piani o spaziali in c.a. o in acciaio. Il programma tiene conto degli effetti determinati da tutti i tipi di deformazione (derivanti da azioni flettenti, torcenti, taglianti ed estensionali) in ambito lineare.

Ogni elemento viene riferito a una terna locale destra 1, 2, 3 come illustrata in figura.



Sistema locale elementi trave

Ogni asta è caratterizzata dai seguenti parametri.

Numero dell'asta (ovvero dell'elemento);

Nodi di riferimento I, J;

Svincoli alle estremità dell'elemento trave;

Materiale;

Sezione;

Carichi;

I nodi I e J sono i nodi iniziale e finale dell'asse baricentrico dell'asta, che viene orientata da I a J ed implicitamente definisce il verso dell'asse 1 locale.

Il programma calcola ai due nodi estremi di ogni elemento e per ogni combinazione di carico sei sollecitazioni, riferite agli assi locali che sono:

P = forza assiale nella direzione locale 1;

V2 = taglio nella direzione locale 2;

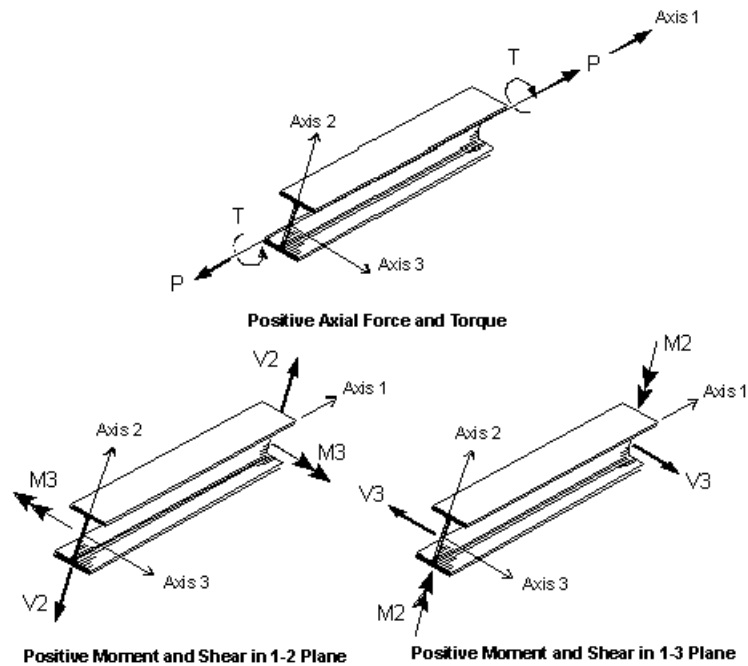
V3 = taglio nella direzione locale 3;

T = momento torcente attorno all'asse locale 1;

M2 = momento flettente attorno all'asse locale 2;

M3 = momento flettente attorno all'asse locale 3.

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 16 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------



Sollecitazioni locali per gli elementi asta

Sono stabilite le seguenti convenzioni sui segni:

Forze positive se concordi con gli assi locali (F);

Momenti positivi secondo la cosiddetta “regola del cacciavite” (F*L).

6.1.4 Unità di misura

Le unità di misura adottate sono le seguenti:

- lunghezze: m
- forze: kN
- masse: kN massa
- temperature: gradi centigradi
- angoli: gradi sessadecimali o radianti

Il calcolo della struttura è stato effettuato senza l'ipotesi d'impalcati rigidi.

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 17 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

6.1.5 Modello di calcolo

Si analizza la struttura con l'ausilio del programma di calcolo ad elementi finiti SAP2000 Advanced, secondo un'analisi statica elastico-lineare.

Per l'impalcato è stata adottata una tipologia in carpenteria metallica con piano di calpestio in c.a.

L'impalcato è dunque schematizzabile semplicemente ad un graticcio metallico piano (costituito dalle travi e dai trasversi) su cui viene appoggiata una piastra (la soletta) avente unicamente funzione di ripartizione dei carichi.

Non avendo collegato la soletta in c.a. all'orditura metallica, la presenza (e quindi l'inerzia) della stessa non entra quindi nella rigidezza né delle travi né dei trasversi.

Inoltre nel presente calcolo si prescinde dalla presenza dei controventi di montaggio, disposti in corrispondenza delle piattabande delle travi principali ed aventi unicamente funzione di irrigidimento in fase costruttiva (funzione di contenimento degli sbandamenti in fase di assemblaggio).

Tali isolatori vengono schematizzati tramite elementi link del tipo Rabber Isolator le cui rigidezze orizzontali sono ciascuno pari a :

$$K = 1090 \text{ kN/m}$$

Sia l'impalcato sia le sottostrutture sono state schematizzate con elementi frame; gli elementi che schematizzano le pile (fusti circolari di diametro pari a $\Phi 600$) hanno una lunghezza pari alla distanza tra l'estradosso pulvino e l'estradosso plinto di fondazione. Per tener conto delle lunghezze effettive sono stati introdotti agli estremi delle aste opportuni elementi infinitamente rigidi (End Offsets); il vincolamento del modello è stato eseguito con incastri perfetti alla base delle aste che schematizzano le pile, e cerniere in sommità delle spalle.

Lo schema di vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture prevede l'utilizzo di isolatori elastomerici in corrispondenza di tutte le sottostrutture.

L'analisi sismica delle strutture, nella quale i sovraccarichi permanenti sono aggiunti in termini delle rispettive masse per poter considerare i relativi effetti inerziali, viene condotta mediante un'analisi dinamica-lineare.

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 18 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

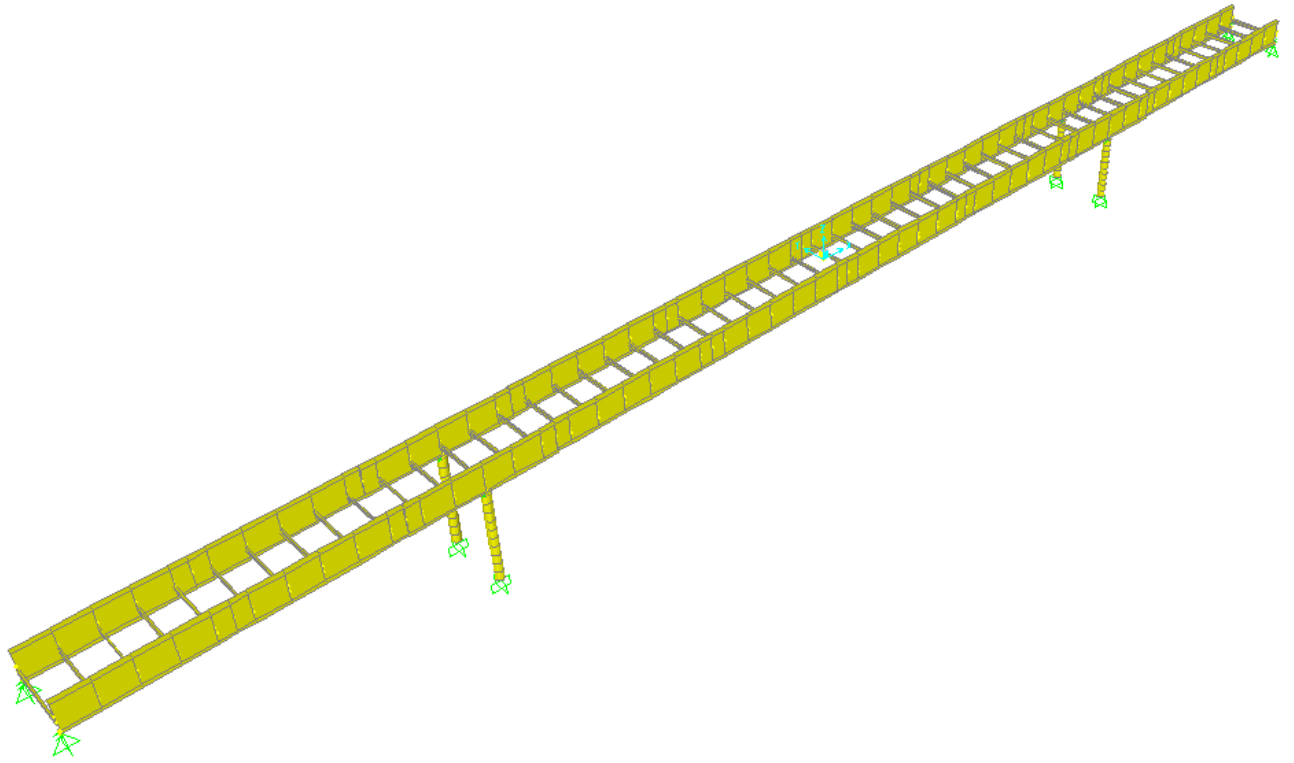


Figura 1: Schema statico tridimensionale

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	19 di 83

Qui di seguito si riportano le caratteristiche geometriche e meccaniche delle sezioni utilizzate nel calcolo.

6.2 Travi metalliche longitudinali

Conci 1 e 10

Nome Sezione

Note Sezione

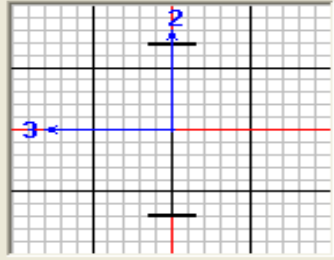
Proprietà

Modifica Proprietà

Materiale

Dimensioni

Altezza totale (t3)	<input type="text" value="2."/>
Larghezza ala sup (t2)	<input type="text" value="0.4"/>
Spessore ala sup (tf)	<input type="text" value="0.02"/>
Spessore anima (tw)	<input type="text" value="0.016"/>
Larghezza ala inf (t2b)	<input type="text" value="0.4"/>
Spessore ala inf (tfb)	<input type="text" value="0.02"/>



Colore

Nome Sezione

Proprietà

Area Sezione (Assiale)	0.0474	Modulo Resistenza asse 3	0.0257
Costante di Torsione	4.728E-06	Modulo Resistenza asse 2	1.070E-03
Momento Inerzia asse 3	0.0257	Modulo Plastico asse 3	0.0312
Momento Inerzia asse 2	2.140E-04	Modulo Plastico asse 2	1.725E-03
Area Taglio in direzione 2	0.032	Raggio d'Inerzia asse 3	0.737
Area Taglio in direzione 3	0.0133	Raggio d'Inerzia asse 2	0.0672

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	20 di 83

Conci 2 e 9

Nome Sezione

Note Sezione

Proprietà

Modifica Proprietà

Materiale

Dimensioni

Altezza totale (t3)	<input style="width: 80px;" type="text" value="2."/>
Larghezza ala sup (t2)	<input style="width: 80px;" type="text" value="0.4"/>
Spessore ala sup (tf)	<input style="width: 80px;" type="text" value="0.03"/>
Spessore anima (tw)	<input style="width: 80px;" type="text" value="0.016"/>
Larghezza ala inf (t2b)	<input style="width: 80px;" type="text" value="0.4"/>
Spessore ala inf (tfb)	<input style="width: 80px;" type="text" value="0.03"/>

Colore ■

Nome Sezione

Proprietà

Area Sezione (Assiale)	<input style="width: 80px;" type="text" value="0.055"/>	Modulo Resistenza asse 3	<input style="width: 80px;" type="text" value="0.033"/>
Costante di Torsione	<input style="width: 80px;" type="text" value="9.495E-06"/>	Modulo Resistenza asse 2	<input style="width: 80px;" type="text" value="1.603E-03"/>
Momento Inerzia asse 3	<input style="width: 80px;" type="text" value="0.033"/>	Modulo Plastico asse 3	<input style="width: 80px;" type="text" value="0.0387"/>
Momento Inerzia asse 2	<input style="width: 80px;" type="text" value="3.207E-04"/>	Modulo Plastico asse 2	<input style="width: 80px;" type="text" value="2.524E-03"/>
Area Taglio in direzione 2	<input style="width: 80px;" type="text" value="0.032"/>	Raggio d'Inerzia asse 3	<input style="width: 80px;" type="text" value="0.7746"/>
Area Taglio in direzione 3	<input style="width: 80px;" type="text" value="0.02"/>	Raggio d'Inerzia asse 2	<input style="width: 80px;" type="text" value="0.0763"/>

Conci 3 e 8

Nome Sezione		<input type="text" value="C3"/>	
Note Sezione		<input type="button" value="Mostra/Modifica Note"/>	
Proprietà		Modifica Proprietà	
<input type="button" value="Proprietà Sezione..."/>		<input type="button" value="Modificatori..."/>	
		Materiale	
		+ <input type="text" value="ACCIAIO"/>	
Dimensioni			
Altezza totale (t3)	<input type="text" value="2"/>		
Larghezza ala sup (t2)	<input type="text" value="0.4"/>		
Spessore ala sup (tf)	<input type="text" value="0.04"/>		
Spessore anima (tw)	<input type="text" value="0.02"/>		
Larghezza ala inf (t2b)	<input type="text" value="0.4"/>		
Spessore ala inf (tfb)	<input type="text" value="0.03"/>		
Nome Sezione		<input type="text" value="C3"/>	
Proprietà			
Area Sezione (Assiale)	<input type="text" value="0.0666"/>	Modulo Resistenza asse 3	<input type="text" value="0.0368"/>
Costante di Torsione	<input type="text" value="1.654E-05"/>	Modulo Resistenza asse 2	<input type="text" value="1.873E-03"/>
Momento Inerzia asse 3	<input type="text" value="0.0388"/>	Modulo Plastico asse 3	<input type="text" value="0.0459"/>
Momento Inerzia asse 2	<input type="text" value="3.746E-04"/>	Modulo Plastico asse 2	<input type="text" value="2.993E-03"/>
Area Taglio in direzione 2	<input type="text" value="0.04"/>	Raggio d'Inerzia asse 3	<input type="text" value="0.7632"/>
Area Taglio in direzione 3	<input type="text" value="0.0233"/>	Raggio d'Inerzia asse 2	<input type="text" value="0.075"/>

Conci 4 e 7

Nome Sezione		<input type="text" value="C4"/>	
Note Sezione		<input type="button" value="Mostra/Modifica Note"/>	
Proprietà		Modifica Proprietà	
<input type="button" value="Proprietà Sezione..."/>		<input type="button" value="Modificatori..."/>	
		Materiale	
		+ <input type="text" value="ACCIAIO"/>	
Dimensioni			
Altezza totale (t3)	<input type="text" value="2"/>		
Larghezza ala sup (t2)	<input type="text" value="0.4"/>		
Spessore ala sup (tf)	<input type="text" value="0.03"/>		
Spessore anima (tw)	<input type="text" value="0.016"/>		
Larghezza ala inf (t2b)	<input type="text" value="0.4"/>		
Spessore ala inf (tfb)	<input type="text" value="0.03"/>		
		Colore <input type="color" value="#FF00FF"/>	
Nome Sezione <input type="text" value="C4"/>			
Proprietà			
Area Sezione (Assiale)	<input type="text" value="0.055"/>	Modulo Resistenza asse 3	<input type="text" value="0.033"/>
Costante di Torsione	<input type="text" value="9.495E-06"/>	Modulo Resistenza asse 2	<input type="text" value="1.603E-03"/>
Momento Inerzia asse 3	<input type="text" value="0.033"/>	Modulo Plastico asse 3	<input type="text" value="0.0387"/>
Momento Inerzia asse 2	<input type="text" value="3.207E-04"/>	Modulo Plastico asse 2	<input type="text" value="2.524E-03"/>
Area Taglio in direzione 2	<input type="text" value="0.032"/>	Raggio d'Inerzia asse 3	<input type="text" value="0.7746"/>
Area Taglio in direzione 3	<input type="text" value="0.02"/>	Raggio d'Inerzia asse 2	<input type="text" value="0.0763"/>

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	23 di 83

Conci 5 e 6

Nome Sezione

Note Sezione

Proprietà

Modifica Proprietà

Materiale

Dimensioni

Altezza totale (t3)

Larghezza ala sup (t2)

Spessore ala sup (tf)

Spessore anima (tw)

Larghezza ala inf (t2b)

Spessore ala inf (tfb)

Colore

Nome Sezione

Proprietà

Area Sezione (Assiale)	0.0627	Modulo Resistenza asse 3	0.0402
Costante di Torsione	1.860E-05	Modulo Resistenza asse 2	2.137E-03
Momento Inerzia asse 3	0.0402	Modulo Plastico asse 3	0.0461
Momento Inerzia asse 2	4.273E-04	Modulo Plastico asse 2	3.323E-03
Area Taglio in direzione 2	0.032	Raggio d'Inerzia asse 3	0.8003
Area Taglio in direzione 3	0.0267	Raggio d'Inerzia asse 2	0.0825

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 24 di 83

6.3 Trasversi metallici

Nome Sezione

Note Sezione

Proprietà

Modifica Proprietà

Materiale

Dimensioni

Altezza totale (t3)	<input style="width: 100px;" type="text" value="0.24"/>
Larghezza ala sup (t2)	<input style="width: 100px;" type="text" value="0.12"/>
Spessore ala sup (tf)	<input style="width: 100px;" type="text" value="9.800E-03"/>
Spessore anima (tw)	<input style="width: 100px;" type="text" value="6.200E-03"/>
Larghezza ala inf (t2b)	<input style="width: 100px;" type="text" value="0.12"/>
Spessore ala inf (tfb)	<input style="width: 100px;" type="text" value="9.800E-03"/>

Colore

Nome Sezione

Proprietà

Area Sezione (Assiale)	<input style="width: 100px;" type="text" value="3.718E-03"/>	Modulo Resistenza asse 3	<input style="width: 100px;" type="text" value="3.059E-04"/>
Costante di Torsione	<input style="width: 100px;" type="text" value="8.862E-08"/>	Modulo Resistenza asse 2	<input style="width: 100px;" type="text" value="4.711E-05"/>
Momento Inerzia asse 3	<input style="width: 100px;" type="text" value="3.671E-05"/>	Modulo Plastico asse 3	<input style="width: 100px;" type="text" value="3.460E-04"/>
Momento Inerzia asse 2	<input style="width: 100px;" type="text" value="2.827E-06"/>	Modulo Plastico asse 2	<input style="width: 100px;" type="text" value="7.268E-05"/>
Area Taglio in direzione 2	<input style="width: 100px;" type="text" value="1.488E-03"/>	Raggio d'Inerzia asse 3	<input style="width: 100px;" type="text" value="0.0994"/>
Area Taglio in direzione 3	<input style="width: 100px;" type="text" value="1.960E-03"/>	Raggio d'Inerzia asse 2	<input style="width: 100px;" type="text" value="0.0276"/>

<i>CCT</i>	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 25 di 83
-------------------	------------------	---	-----------	--------------------

dove:

t_3 : altezza totale della trave;

t_2 : larghezza del piatto superiore;

t_f : spessore del piatto superiore;

t_{2b} : larghezza del piatto inferiore;

t_{fb} : spessore del piatto inferiore;

t_w : spessore dell'anima;

A: area della sezione in acciaio.

J_3 : momento d'inerzia della trave rispetto all'asse orizzontale 3-3 passante per il suo baricentro.

J_2 : momento d'inerzia della trave rispetto all'asse verticale 2-2 passante per il suo baricentro.

J_T : rigidezza torsionale.

A_{t2} : area di taglio in direzione 2; si assume pari a 5/6 dell'area dell'anima della trave in acciaio.

A_{t3} : area di taglio in direzione 3; si assume pari a 5/6 della somma delle aree delle due ali.

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 26 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

7 ANALISI DEI CARICHI: TRAVI PRINCIPALI

7.1 Peso carpenteria metallica (PTR)

Il peso proprio strutturale delle travi e dei traversi è stato valutato fornendone le corrette dimensioni (vedi paragr. precedente) e la relativa densità di peso ($\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$).

Per tener conto infine di piastrame vario, controventi e bulloni, il peso di cui sopra è stato incrementato di un fattore pari a **1,25**.

7.2 Permanente portato (PERM)

Peso proprio soletta

Il peso proprio della soletta è valutato in ragione di 25.0 kN/m^3 , per uno spessore medio di 12.0 cm.

Per quanto riguarda il peso della soletta, questo è stato applicato direttamente sulle travi nella misura di $2.5 * 0.12 * 4/2 = 6.00 \text{ kN/m}$

Peso proprio lamiera grecata

Il peso proprio della lamiera grecata zincata è stimato sulla base di dati reperiti in letteratura e pertanto valutato in ragione di 13.1 kg/m^2 .

Per quanto riguarda il peso della lamiera grecata, è anch'esso applicato direttamente sulle travi nella misura di $0.131 * 2.0 = 0.262 \text{ kN/m}$

Peso proprio pavimentazione

Il peso proprio della pavimentazione è valutato in ragione di 30.0 kN/m^3 , per uno spessore medio di 4.0 cm.

Il peso della pavimentazione, è anch'esso applicato direttamente sulle travi nella misura di $30 * 0.04 * 4/2 = 2.4 \text{ kN/m}$

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 27 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

7.3 Azione del vento (VENTO)

7.3.1 Calcolo della pressione del vento

Nell'analisi statica la pressione utilizzata è stata determinata, in accordo con le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, seguendo le indicazioni fornite da CNR-DT 207/2008 "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".

La pressione cinetica di picco del vento è data dall'espressione:

$$q_p(z) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_r^2 \cdot c_e(z)$$

dove:

- q_p è la pressione cinetica di picco;
- ρ è la densità media dell'aria, pari a 1.25 kg/m³;
- v_r è la velocità di riferimento di progetto in m/s;
- c_e è il coefficiente di esposizione

Di seguito si procede calcolando nell'ordine le seguenti grandezze:

- Velocità di base di riferimento;
- Periodo di ritorno e velocità di riferimento di progetto;
- Coefficiente di topografia;
- Coefficiente di esposizione;
- Pressione cinetica di picco del vento.

7.3.2 Velocità base di riferimento

In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, la velocità di base di riferimento viene definita dalla seguente espressione:

$$V_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

dove:

- $v_{b,0}$ è la velocità di base di riferimento a livello del mare;
- c_a è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_a \cdot \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_s > a_0$$

dove: a_0, k_a sono parametri assegnati in funzione della zona geografica;

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 28 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

a_s è l'altitudine sul livello del mare del sito in esame.

In base alla zona geografica (Zona 1) ed all'altitudine del sito (circa 80 m s.l.m.), si ricava una velocità base di riferimento (v_b) pari a 25 m/s.

7.3.3 Periodo di ritorno e velocità di riferimento di progetto

In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, la velocità è fornita dalla relazione:

$$V_r = V_b \cdot C_r$$

dove: v_b è la velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni;

c_r è il coefficiente di ritorno fornito dalla relazione:

$$c_r = 0.65 \cdot \left\{ 1 - 0.138 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right] \right\} \quad \text{per } T_R \geq 50 \text{ anni}$$

In base ad un periodo di ritorno di progetto stimato in 50 anni, si ottengono un valore di velocità del vento pari a 25 m/s.

7.3.4 Coefficiente di topografia

In mancanza di più approfondite valutazioni, il coefficiente di topografia è posto di regola pari a 1 sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

7.3.5 Coefficiente di esposizione

In mancanza di più approfondite valutazioni ed operando a favore di sicurezza, si sceglie la classe C. Pertanto, considerata la zona e l'altitudine del sito, la costruzione è ubicata nella categoria di esposizione III, i cui parametri risultano i seguenti:

Il coefficiente di esposizione è fornito dalle seguenti relazioni:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot \ln \left(\frac{z_{\min}}{z_0} \right) \cdot c_t(z_{\min}) \cdot \left[\ln \left(\frac{z_{\min}}{z_0} \right) \cdot c_t(z_{\min}) + 7 \right] \quad \text{per } z \leq z_{\min}$$

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \cdot c_t(z) \cdot \left[\ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \cdot c_t(z) + 7 \right] \quad \text{per } z > z_{\min}$$

Il coefficiente di esposizione è pertanto pari a 1.71.

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	29 di 83

7.3.6 Pressione cinetica di picco del vento

In base a quanto esposto, la pressione cinetica del vento sull'impalcato assume il valore di 0.67 kN/m².

7.3.7 Calcolo delle azioni sulle travi d'impalcato

Si assume che il vento agisca in direzione prevalentemente orizzontale, ortogonalmente all'asse dell'impalcato esercitando nel piano della sezione un sistema di azioni aerodinamiche per unità di lunghezza riconducibili ad una forza parallela alla direzione del vento (f_x), a una forza verticale (f_y) e ad un momento intorno alla linea d'asse (m_z). Tali azioni sono quantificate mediante una coppia di coefficienti di forza (c_{fX} e c_{fY}) e mediante un coefficiente di momento (c_{mZ}).

In mancanza di valutazioni più accurate, i coefficienti di forza e di momento per unità di lunghezza sono forniti dalle seguenti relazioni:

$$c_{fX} = \begin{cases} \frac{1.85}{d/h_{tot}} - 0.10 & 2 \leq d/h_{tot} \leq 5 \\ \frac{1.35}{d/h_{tot}} & d/h_{tot} > 5 \end{cases}$$

$$c_{fY} = \begin{cases} \pm \left(0.7 + 0.1 \cdot \frac{d}{h_{tot}} \right) & 2 \leq d/h_{tot} \leq 5 \\ \pm 1.2 & d/h_{tot} > 5 \end{cases}$$

$$c_{mZ} = \pm 0.2$$

dove: d è la larghezza totale dell'impalcato (pari a 4.80 m);

h_{tot} è l'altezza totale d'ingombro dell'impalcato (pari a 2.0 m).

Le forze sull'impalcato risultano pertanto pari a:

		Trave n°1	Trave n°2
PONTE SCARICO	F_o [kN/m]	0.45	0.45
	F_v [kN/m]	2.20	0.81

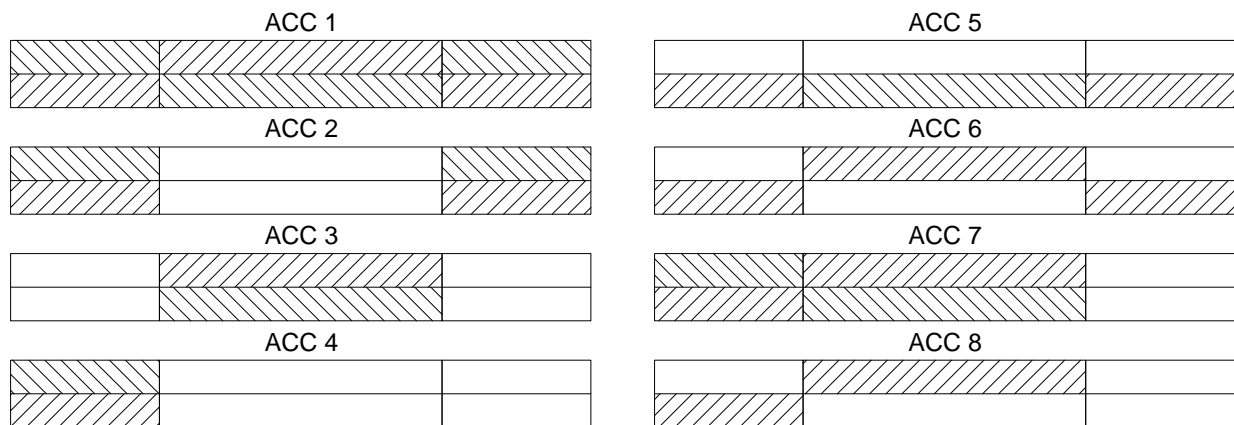
CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 30 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

7.4 Sovraccarico accidentale (ACCENVE)

In ossequio al § 5.1.3.3.3 del D.M. 14 gennaio 2008 si considera lo schema di carico '5' (ponti di 3° Categoria) costituito dalla folla compatta agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 5.0 kN/m².

Il carico in esame agisce sulla larghezza calpestabile dell'impalcato pari a 4.0 m. Sulla luce totale (106.0 m) si sono considerati otto campi di applicazione corrispondenti ad altrettante condizioni di carico base.

Tali condizioni vengono quindi involuppate per ottenere gli effetti più sfavorevoli per la struttura in esame, come riportato nelle seguenti figure.



Posizioni del sovraccarico accidentale

Le singole stese sono state quindi raggruppate in un'unica combinazione di carico involuppo (ACCENVE).

7.5 Azione della neve (NEVE)

L'azione della neve non viene considerata. Trattandosi infatti di una passerella scoperta il corrispondente sovraccarico non va considerato concomitante col sovraccarico accidentale e quest'ultimo, visto il sito in cui sorgerà l'opera, è più gravoso.

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	31 di 83

7.6 Azione sismica (SLV)

Poiché gli appoggi dell'impalcato sono costituiti da isolatori in gomma aventi uno smorzamento pari al 16% si definisce l'azione sismica in riferimento al DM-2008 considerando uno spettro elastico ridotto per tutto il campo di periodi $T \geq 0.8T_{is}$ assumendo per il coefficiente riduttivo η il valore corrispondente al coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ_{esi} del sistema di isolamento. Nelle immagini successive si riportano i parametri relativi allo spettro elastico ricavati dal programma 'Spettri NTC – ver.1.0.2' del consiglio superiore LL PP. Nel grafico finale si riporta lo spettro elastico utilizzato per le analisi in condizioni sismiche.

Il sito di costruzione (Comune di Cerro al Lambro) è caratterizzato, per ciascun periodo di ritorno di riferimento T_R , dai seguenti valori di accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido:

T_R (anni)	a_g (g)
30	0.023
50	0.029
72	0.033
101	0.037
140	0.041
201	0.047
475	0.062
975	0.077
2475	0.102

La passerella in oggetto è progettata per una vita nominale pari a 50 anni. Gli si attribuisce inoltre una classe d'uso II ai sensi del D. Min. 14/01/2008.

Pertanto il periodo di riferimento per l'azione sismica vale:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \times 1.0 = 50 \text{ anni}$$

Quindi i valori di a_g relativi agli stati limite di interesse sono:

STATO LIMITE	T_R	a_g	F_0
	(anni)	(g)	-
SLD	50	0.029	2.541
SLV	475	0.062	2.606
SLC	975	0.077	2.618

Coefficiente di amplificazione stratigrafica: $S_S = 1.5$ (categoria di sottosuolo 'C')

Coefficiente di amplificazioni topografica: $S_T = 1.0$ (categoria topografica 'T1')

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 32 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

Il periodo della struttura T_{is}, necessario per la definizione dello spettro isolato è il seguente:

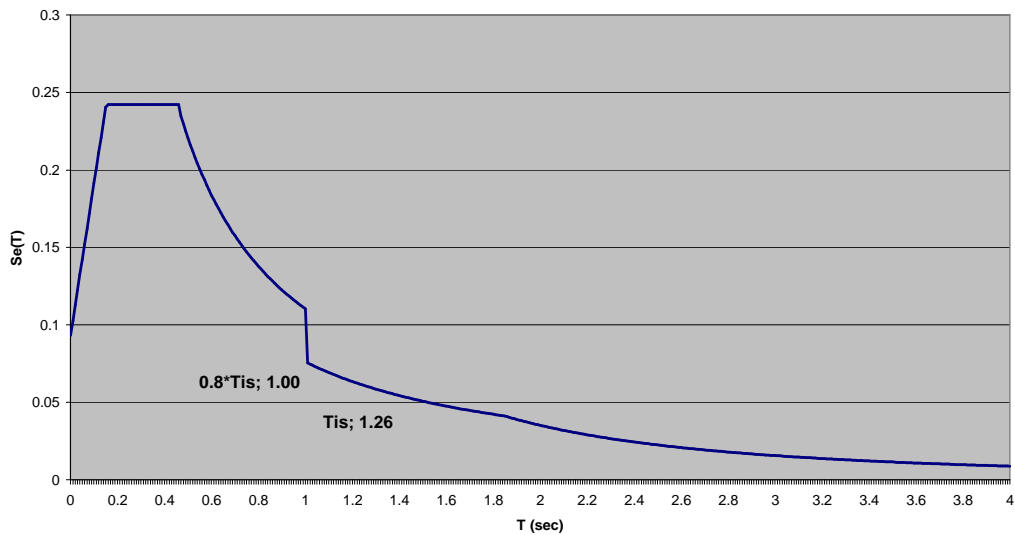
$$T_{is} = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}} = 2 * 3.14 * \sqrt{\frac{3450/9.81}{8 * 1090}} = 1.26 \text{ s} \quad \text{-periodo in dir. long.le e trasv.le}$$

In cui:

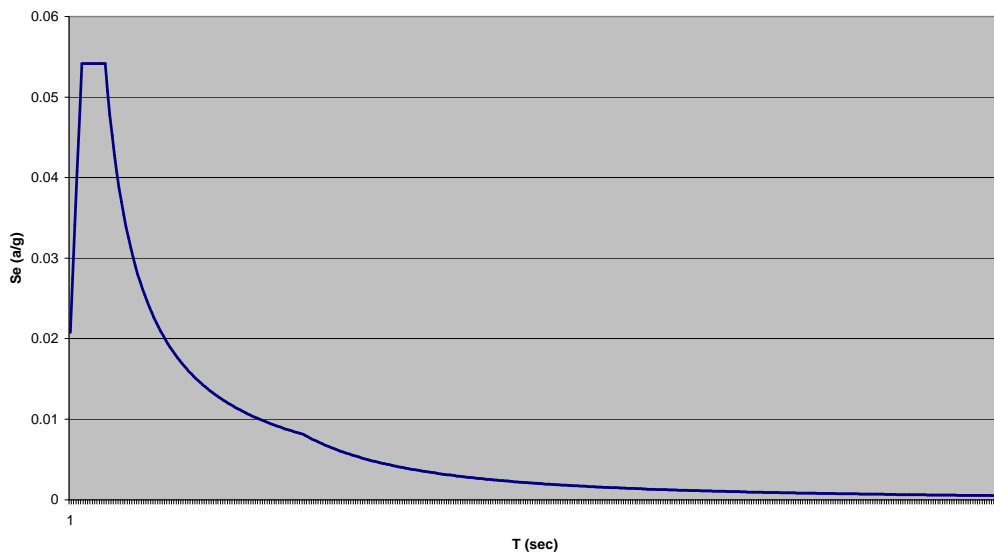
M= è la massa sismica (peso travi+ peso soletta+ peso finiture)

K = rigidezza isolatori in direzione longitudinale

Spettro di risposta elastico orizzontale isolato



Spettro di risposta elastico verticale



CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 33 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

8 ANALISI DEI CARICHI: TRAVERSI

La verifica viene condotta sul trasverso lato spalla che presenta un'altezza di soletta maggiore rispetto al resto dell'impalcato.

Si analizza una striscia (trasversale) di 2.00 m di larghezza (interasse trasversi) in due schemi statici di luce da 4,00 m: incastrato e semplicemente appoggiato. A favore di sicurezza si assumeranno, in fase di verifica, i massimi delle sollecitazioni e deformazioni ottenuti.

8.1 Peso proprio carpenteria metallica (PTR)

Il peso proprio strutturale dei trasversi è stato valutato fornendone le corrette dimensioni (vedi paragr. precedente) e la relativa densità di peso ($\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$).

Per tener conto infine di piastrame vario, controventi e bulloni, il peso di cui sopra è stato incrementato di un fattore pari a **1,25**.

8.2 Peso permanente portato (PERM)

Peso proprio soletta+grecata

Per quanto riguarda il peso della soletta, questo è stato applicato direttamente sul trasverso nella misura di $25 \cdot 0.35 \cdot 2.00 = 6.00 \text{ kN/m}$.

Il peso della lamiera grecata è: $0.131 \cdot 2.00 = 0.262 \text{ kN/m}$

Peso pavimentazione

Il carico della pavimentazione, assegnato al modello come carico uniformemente distribuito sulle trasverso nella misura di $30 \cdot 0.04 \cdot 2.00 = 2.4 \text{ kN/m}$.

8.3 Sovraccarichi accidentali (ACC)

Ai fini del dimensionamento e della verifica dei trasversi è stata considerata la presenza di folla $q_{1,e} = 5.00 \text{ kN/mq}$. Tale carico è stato assegnato all'elemento come carico uniformemente distribuito pari a $5.00 \cdot 2.00 = 10.00 \text{ kN/m}$.

<i>CCT</i>	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 34 di 83
-------------------	------------------	---	-----------	--------------------

8.4 Azione del vento (VENTO)

Si considera una forza del vento di 0.45KN/m (vedi par. 8.3) agente su entrambe le travi, considerando un'altezza delle travi principali pari a 2.00m e un'eccentricità tra il baricentro travi e l'asse del trasverso di 0.4 m. Tale azione viene assegnata al trasverso come coppia di forze taglianti pari a:

$$M = 0.45 * 0.4 * 2.00 = 0.36 \text{ kNm}$$

applicata allo schema a trave incastrata.

8.5 Instabilità piattabanda compressa della trave principale

Per effetto dell'instabilità della piattabanda compressa della trave principale (vedi paragrafo STABILITA' DELL'ALA COMPRESSA DELLA TRAVE PRINCIPALE nella presente relazione di calcolo), quest'ultima trasferisce al trasverso un momento aggiuntivo ΔM nella verifica della sezione di mezzeria (in corrispondenza del giunto si trascura essendo un momento di segno opposto a quello dei carichi).

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	35 di 83

9 QUADRO DELLE COMBINAZIONI ADOTTATE

9.1 Combinazioni di carico statiche

Nella tabella seguente si riportano le combinazioni di carico impiegate per gli stati limite ultimi e di esercizio.

Combinazioni di carico 'Statiche'					
Combo	PP+SPINTE TER	PERM	ACC	VENTO	RES PAS
STR-1 (A1)	1.35	1.50	0.00	0.00	1.35
STR-2 (A1)	1.35	1.50	1.35	0.00	1.35
STR-3 (A1)	1.35	1.50	0.00	1.50	1.35
STR-4 (A1)	1.35	1.50	1.35	0.90	1.35
STR-5 (A1)	1.35	1.50	0.54	1.50	1.35
CAR-1(SLE)	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00
CAR-2(SLE)	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00
CAR-3(SLE)	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00
CAR-4(SLE)	1.00	1.00	0.40	1.00	1.00
FREQ-1(SLE)	1.00	1.00	0.40	0.00	1.00
FREQ-2(SLE)	1.00	1.00	0.40	0.20	1.00
QP (SLE)	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00

9.2 Combinazioni di carico sismiche

Nella tabella seguente si riportano le combinazioni di carico impiegate nel caso sismico per gli stati limite di salvaguardia della vita (SLV) e di danno (SLD).

Combinazioni di carico 'Sismiche'						
Combo	PP+SPINTE TER	PERM	Sisma long	Sisma trasv	Sisma vert.	RES PAS
SLV-X	1.00	1.00	1.00	0.30	0.30	1.00
SLV-Y	1.00	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00
SLV-Z	1.00	1.00	0.30	0.30	1.00	1.00
SLD-X	1.00	1.00	1.00	0.30	0.30	1.00
SLD-Y	1.00	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00
SLD-Z	1.00	1.00	0.30	0.30	1.00	1.00

Con 'X', 'Y' e 'Z' si sono indicate, rispettivamente, le direzioni longitudinale, trasversale e verticale.

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	36 di 83

10 RISULTATI DELL'ANALISI MODALE

Come richiesto dalla norma sono stati considerati un numero di modi la cui massa partecipante totale risulta evidentemente superiore all'85%.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	4.058181	1.367E-20	0.40257	1.549E-20
MODAL	Mode	2	1.795836	3.091E-20	0.40911	2.484E-20
MODAL	Mode	3	1.561118	3.009E-19	0.87221	1.903E-17
MODAL	Mode	4	1.479232	9.792E-18	0.90651	2.676E-17
MODAL	Mode	5	1.292227	0.96103	0.90651	9.131E-07
MODAL	Mode	6	1.032168	0.96103	0.91488	9.131E-07
MODAL	Mode	7	0.81432	0.96103	0.91536	9.131E-07
MODAL	Mode	8	0.728684	0.96103	0.91537	9.131E-07
MODAL	Mode	9	0.693325	0.96103	0.92621	9.131E-07
MODAL	Mode	10	0.581218	0.96103	0.92621	0.26273
MODAL	Mode	11	0.580306	0.96103	0.92621	0.26273
MODAL	Mode	12	0.572796	0.96103	0.92622	0.26273
MODAL	Mode	13	0.491206	0.96103	0.97005	0.26273
MODAL	Mode	14	0.410635	0.96103	0.97005	0.26273
MODAL	Mode	15	0.342381	0.96103	0.97392	0.26273
MODAL	Mode	16	0.293599	0.96103	0.97395	0.26273
MODAL	Mode	17	0.254314	0.96103	0.97434	0.26273
MODAL	Mode	18	0.218039	0.96141	0.97434	0.26274
MODAL	Mode	19	0.218015	0.96141	0.97574	0.26274
MODAL	Mode	20	0.217857	0.96141	0.97575	0.26274
MODAL	Mode	21	0.217606	0.96141	0.97575	0.26274
MODAL	Mode	22	0.203284	0.96141	0.986	0.26274
MODAL	Mode	23	0.184494	0.96141	0.9862	0.26274
MODAL	Mode	24	0.16422	0.96141	0.98674	0.26274
MODAL	Mode	25	0.154421	0.96369	0.98674	0.50801
MODAL	Mode	26	0.154392	0.96369	0.98674	0.50801
MODAL	Mode	27	0.147561	0.96369	0.9891	0.50801
MODAL	Mode	28	0.1469	0.96369	0.9891	0.50801
MODAL	Mode	29	0.139261	0.96369	0.99647	0.50801
MODAL	Mode	30	0.13917	0.97995	0.99647	0.55472
MODAL	Mode	31	0.139126	0.97995	0.99965	0.55472
MODAL	Mode	32	0.132807	0.98174	0.99965	0.55896
MODAL	Mode	33	0.132805	0.98174	0.99965	0.55896
MODAL	Mode	34	0.128668	0.98174	0.99983	0.55896
MODAL	Mode	35	0.115005	0.98174	0.99985	0.55896
MODAL	Mode	36	0.103013	0.98174	0.99986	0.55896
MODAL	Mode	37	0.09764	0.98174	0.99986	0.55896
MODAL	Mode	38	0.09764	0.98174	0.99986	0.55896
MODAL	Mode	39	0.095201	0.98174	0.99991	0.55896
MODAL	Mode	40	0.09328	0.98433	0.99991	0.73039
MODAL	Mode	41	0.093274	0.98433	0.99991	0.73039
MODAL	Mode	42	0.087197	0.99974	0.99991	0.74256
MODAL	Mode	43	0.087196	0.99974	0.99991	0.74256
MODAL	Mode	44	0.084053	0.99974	0.99991	0.74256
MODAL	Mode	45	0.081793	0.99974	0.99991	0.74256
MODAL	Mode	46	0.081793	0.99974	0.99991	0.74256
MODAL	Mode	47	0.080163	0.99975	0.99991	0.74264
MODAL	Mode	48	0.079854	0.99975	0.99991	0.74264
MODAL	Mode	49	0.075806	0.99975	0.99991	0.74264
MODAL	Mode	50	0.075458	0.99975	0.99992	0.74264

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 37 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

11 VERIFICHE TRAVI LONGITUDINALI

In questo capitolo si procede al dimensionamento della struttura portante in acciaio dell'impalcato (travi longitudinali).

I risultati dell'analisi statica sono valutati in termini di sforzi massimi per le combinazioni di carico più gravose tra quelle precedentemente specificate.

In tutti i casi analizzati i valori degli sforzi risultano entro i limiti di normativa.

Si osserva che gli sforzi vengono considerati positivi se di trazione.

11.1 Criteri di verifica impiegati

Le verifiche di resistenza delle membrature si eseguono con riferimento al seguente criterio:

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 + 3 \cdot \tau_{Ed}^2 \leq \left(\frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \right)^2$$

dove:

- $\sigma_{x,Ed}$ è il valore di calcolo della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione parallela all'asse della membratura;
- $\sigma_{z,Ed}$ è il valore di calcolo della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione ortogonale all'asse della membratura;
- τ_{Ed} è il valore di calcolo della tensione tangenziale nel punto in esame, agente nel piano della sezione della membratura.
- f_{yk} è il valore nominale della tensione caratteristica di snervamento per l'acciaio impiegato (secondo UNI EN 10025-2 per un acciaio S 275 con $t \leq 40$ mm è $f_{yk} = 275$ N/mm²);
- γ_{M0} è il coefficiente di sicurezza per la resistenza delle sezioni.

11.2 Verifica delle travi longitudinali

Le travi longitudinali presentano una sezione trasversale “a doppia T” in composizione saldata; per le caratteristiche geometriche si rimanda al paragrafo dedicato.

Si eseguono le verifiche sezionali in termini di sforzo, secondo lo schema delle combinazioni a Stato Limite Ultimo riportato precedentemente.

Facendo riferimento ad una procedura di comprovata validità, come consentito ai punti 4.2.4.1.2 e 4.2.4.1.3.4 del DM2008 e C4.2.4.1.3.4 della circolare applicativa, le verifiche saranno eseguite

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	38 di 83

facendo riferimento al limite elastico degli elementi (stato limite ultimo elastico), indipendentemente dalla classificazione delle sezioni.

In tali ipotesi le verifiche di resistenza e stabilità saranno svolte con il metodo tensionale facendo riferimento alle istruzioni CNR 10011. In sostanza ciò significa considerare tutte le sezioni in classe 4 verificandone la stabilità locale senza impiegare il metodo delle larghezze efficaci.

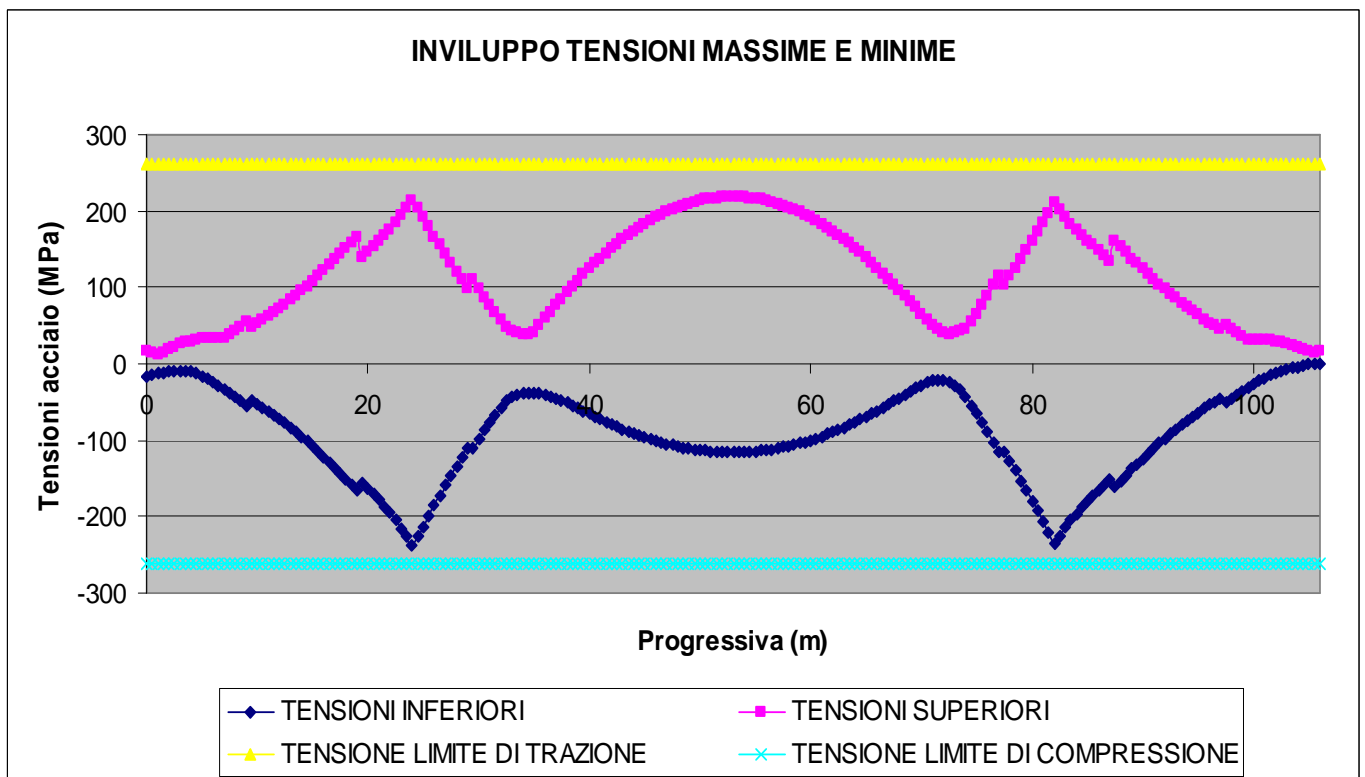
Per una lettura immediata dei livelli di tensione, si riportano nel grafico a seguire l'andamento delle tensioni, ottenute con il modello di calcolo adottato, lungo lo sviluppo delle trave longitudinale.

In essi il limite di normativa da utilizzare per confrontare il livello di tensione nel materiale (limite superiore e inferiore) vale:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{275}{1.05} = 261.9 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{id}$$

I grafici sono relativi allo SLU-STR (caso statico).

11.2.1 Tensioni acciaio: inviluppo dei massimi e dei minimi



<i>CCT</i>	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 39 di 83
-------------------	------------------	---	-----------	--------------------

11.3 Verifica all'imbozzamento dei pannelli d'anima

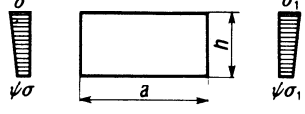
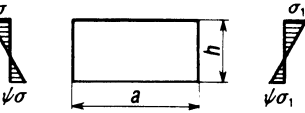
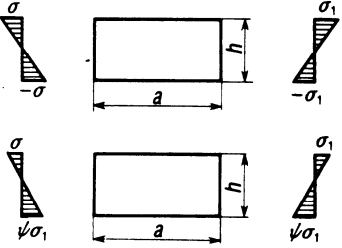
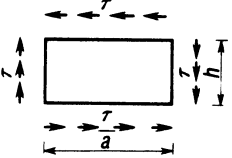
Questa verifica viene eseguita per l'imbozzamento dei pannelli d'anima in corrispondenza delle sezioni di mezzeria e di appoggio pile, di altezza pari rispettivamente a 1940 mm, spessore pari a 16 mm e larghezza pari a 2000 mm e pari a 1930 mm, spessore pari a 20 mm e larghezza pari a 2000 mm (pari all'interasse delle nervature di irrigidimento verticali);

Si effettua la verifica, secondo CNR 10011.

Si riportano di seguito il prospetto 7-VIII, relativo alla definizione dei coefficienti di imbozzamento, ed il paragrafo 7.6.2., che descrive nel dettaglio le modalità di verifica.

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	40 di 83

Prospetto 7-VIII — Coefficienti di imbozzamento

Numero d'ordine	Condizioni di carico del pannello		Tensioni ideali di imbozzamento*	$\alpha = \frac{a}{h}$	Coefficiente di imbozzamento
I	Tensione di compressione variabile linearmente $0 \leq \psi \leq 1$		$\sigma_{cr} = k_{\sigma} \sigma_{cr,o}$	$\alpha \geq 1$	$k_{\sigma} = \frac{8,4}{\psi + 1,1}$
				$\alpha < 1$	$k_{\sigma} = \left(\alpha + \frac{1}{\alpha}\right)^2 \frac{2,1}{\psi + 1,1}$
II	Tensione di compressione e trazione variabili linearmente, ma preponderante la tensione di compressione $-1 < \psi < 0$		$\sigma_{cr} = k_{\sigma} \sigma_{cr,o}$		$k_{\sigma} = 1 + \psi k_1 - \psi k_3 + 10 \psi (1 + \psi)$ dove: k_1 si ottiene dal caso I per $\psi = 0$; k_3 si ottiene dal caso III per $\psi = -1$
III	Tensione di compressione e trazione variabili linearmente, ma uguali i valori massimi di compressione e trazione $\psi = -1$ ovvero preponderante la tensione di trazione $\psi < -1$		$\sigma_{cr} = k_{\sigma} \sigma_{cr,o}$	$\alpha \geq \frac{2}{3}$	$k_{\sigma} = 23,9$
				$\alpha < \frac{2}{3}$	$k_{\sigma} = 15,87 + \frac{1,87}{\alpha^2} + 8,6 \alpha^2$
IV	Tensione tangenziale uniformemente distribuita		$\tau_{cr} = k_{\tau} \sigma_{cr,o}$	$\alpha \geq 1$	$k_{\tau} = 5,34 + \frac{4}{\alpha^2}$
				$\alpha < 1$	$k_{\tau} = 4 + \frac{5,34}{\alpha^2}$

* Per i valori della tensione di riferimento $\sigma_{cr,o}$ vedere prospetto 7-IX.

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 41 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

7.6.2. Verifica all'imbozzamento dei pannelli

7.6.2.1. Per la verifica all'imbozzamento occorre valutare, in assenza di indagini più sofisticate, che risulti:

$$\frac{\sigma_{cr,id}}{\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \tau^2}} \geq \beta \nu$$

dove: σ_1 e τ sono le tensioni normale e tangenziale definite rispettivamente nei punti 7.6.1.4 e 7.6.1.5;

$\sigma_{cr,id}$ è la tensione di confronto da valutarsi come segue:

$$\sigma_{cr,id} = \sqrt{3} \tau_{cr} \quad \text{per } \sigma_1 = 0$$

$$\sigma_{cr,id} = \sigma_{cr} \quad \text{per } \tau = 0$$

$$\sigma_{cr,id} = \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \tau^2}}{\frac{1 + \psi}{4} \frac{\sigma_1}{\sigma_{cr}} + \sqrt{\left(\frac{3 - \psi}{4} \frac{\sigma_1}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2}} \quad \text{per } \sigma_1 \neq 0 \text{ e } \tau \neq 0$$

ν è il coefficiente definito al punto 7.1;

$$\beta = \frac{\sigma_N + 0,80 \sigma_M}{\sigma_N + \sigma_M} \quad \text{per } \alpha \leq 1,5; \quad \beta = 1 \quad \text{per } \alpha \geq 1,5$$

essendo σ_N e σ_M i valori delle tensioni normali dovute allo sforzo normale N ed al momento flettente M rispettivamente;

ψ il coefficiente che definisce la legge di variazione lineare della σ ;

$$\sigma_{cr} = k_\sigma \sigma_{cr,0}$$

$$\tau_{cr} = k_\tau \sigma_{cr,0}$$

in cui $\sigma_{cr,0} = 186 200 (t/h)^2$ è la tensione di riferimento, in N/mm², indicata nel prospetto 7-IX;

k è il coefficiente di imbozzamento, i cui valori si ricavano dal prospetto 7-VIII in funzione del coefficiente ψ e del rapporto $\alpha = a/h$. Qualora il rapporto tra il passo degli irrigidimenti e l'altezza totale dell'anima sia maggiore di 1,5, i valori del coefficiente k_τ per tensioni tangenziali desunti dal prospetto 7-VIII devono essere moltiplicati per 0,8.

Nel caso in cui il valore calcolato di σ_{cr} risulti maggiore del limite di proporzionalità del tipo di acciaio impiegato per il pannello, da porsi convenzionalmente pari a $0,8 f_d$, alla tensione ideale di confronto deve essere sostituita una tensione di confronto ridotta $\sigma_{cr,red}$ ad essa corrispondente, secondo il prospetto 7-X, essendo:

$$\sigma_{cr,red} = f_d \frac{20 + \sqrt{25 - 15 (f_y/\sigma_{cr,id})^2}}{25 + (f_y/\sigma_{cr,id})^2}$$

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	42 di 83

11.3.1 Verifica pannello d'anima nella sezione di mezzeria

RAPPORTI LARGHEZZA-SPESSORE (cm)					
ft =	430	bsup=	40.00	binf=	40.00
		tsup	3.00	tinf	3.00
fd=	250	hw	194.00	tw	1.60
hw/tw =	121.25		(CNR10011 7.2.6.2)		
limte	42.00		hw/tw > limite: fare verifica CNR10011		

VERIFICA ALL'IMBOZZAMENTO DELL'ANIMA			
$\sigma_1(+)$	211.65	N/mm ²	Tensione di compressione intradosso alla superiore
$\sigma_2(-)$	-211.65	N/mm ²	Tensione di trazione estradosso alla inferiore
N	0.00	kN	Sforzo normale
T	0.00	kN	Taglio
A _{anima} =	310.40	cm ²	Area anima
i	200	cm	Interasse irrigidimenti verticali
α	1.03		Interasse degli irrigidimenti verticali / Altezza dell'anima
Ψ	-1.00		Coefficiente che definisce la legge di variazione della σ
k σ	23.90		Coefficiente d'imbozzamento
k τ	9.10		Coefficiente d'imbozzamento
$\sigma_{cr,o}$	12.67	N/mm ²	Tensione di riferimento
σ_{cr}	302.70	N/mm ²	Tensione critica normale
τ_{cr}	115.30	N/mm ²	Tensione critica tangenziale
σ_1	211.65	N/mm ²	Tensione massima normale nell'anima
τ_1	0.00	N/mm ²	Tensione media di taglio nell'anima
τ_2	0	N/mm ²	Tensione di taglio derivante dalla torsione
τ_{tot}	0.00	N/mm ²	Tensione tangenziale complessiva
$\sigma_{cr,id}$	302.70	N/mm ²	Tensione di confronto
$\sigma_{cr,red}$	241.10	N/mm ²	Tensione di confronto ridotta nel caso in cui $\sigma_{cr,id} > 0,8 \cdot fd$
σ_{ideale}	211.65	N/mm ²	Tensione ideale di imbozzamento
β_v	0.8		
	1.14		Valore di riferimento per la verifica all'imbozzamento
1.14	>	β_v	VERIFICATO

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	43 di 83

11.3.2 Verifica pannello d'anima nella sezione di appoggio pile

RAPPORTI LARGHEZZA-SPESSORE (cm)					
ft =	430	bsup=	40.00	binf=	40.00
		tsup	4.00	tinf	3.00
fd=	250	hw	193.00	tw	2.00
hw/tw =	96.50	(CNR10011 7.2.6.2)			
limite	42.00	hw/tw > limite: fare verifica CNR10011			

VERIFICA ALL'IMBOZZAMENTO DELL'ANIMA			
$\sigma_1(+)$	227.38	N/mm ²	Tensione di compressione intradosso ala inferiore
$\sigma_2(-)$	-206.04	N/mm ²	Tensione di trazione estradosso ala superiore
N	0.00	kN	Sforzo normale
T	1061.03	kN	Taglio
A _{anima} =	386.00	cm ²	Area anima
i	200	cm	Interasse irrigidimenti verticali
α	1.04		Interasse degli irrigidimenti verticali / Altezza dell'anima
Ψ	-0.91		Coefficiente che definisce la legge di variazione della σ
k σ	14.89		Coefficiente d'imbozzamento
k τ	9.06		Coefficiente d'imbozzamento
$\sigma_{cr,o}$	20.00	N/mm ²	Tensione di riferimento
σ_{cr}	297.78	N/mm ²	Tensione critica normale
τ_{cr}	181.25	N/mm ²	Tensione critica tangenziale
σ_1	227.38	N/mm ²	Tensione massima normale nell'anima
τ_1	2.75	N/mm ²	Tensione media di taglio nell'anima
τ_2	0	N/mm ²	Tensione di taglio derivante dalla torsione
τ_{tot}	2.75	N/mm ²	Tensione tangenziale complessiva
$\sigma_{cr,id}$	443.98	N/mm ²	Tensione di confronto
$\sigma_{cr,red}$	241.93	N/mm ²	Tensione di confronto ridotta nel caso in cui $\sigma_{cr,id} > 0,8 \cdot fd$
σ_{ideale}	227.43	N/mm ²	Tensione ideale di imbozzamento
β_v	0.8		
	1.06		Valore di riferimento per la verifica all'imbozzamento
1.06	>	β_v	VERIFICATO

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 44 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

11.4 Verifiche integrative

11.4.1 Verifiche delle piattabande superiori ed inferiori

Verifica ad imbozzamento

Si verifica la stabilità locale della piattabanda compressa considerando la semi-piattabanda compressa fra due irrigidenti successivi come un pannello vincolato su tre lati soggetto ad una compressione uniforme e in assenza di tensioni tangenziali.

In sostanza si verifica che il rapporto fra la larghezza e lo spessore sia inferiore a 14 (Prospetto 7-V – CNR 10011).

Nel nostro caso abbiamo:

piattabanda 400x20

$t_{ala,min} = 20$ mm, $t_{anima,min} = 16$ mm

$$b = (400 - 16) / 2 = 192 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad b/t = 192/20 = 9.6 < 14$$

Stabilità dell'ala compressa

Si opera la verifica di stabilità dell'ala compressa in base alle indicazioni riportate al punto 7.2.7 delle norme C.N.R. 10011.

Modalità di verifica

- n = Numero dei campi
- l_0 = Distanza tra i centri teorici dei vincoli
- A = Area dell'ala compressa
- N = Forza assiale max nell'ala compressa
- f_{yd} = Tensione limite acciaio

$$\omega = \frac{f_{ud} \cdot A}{N}$$

λ_y = (dal prospetto 7-IIIc delle citate C.N.R. 10011 in corrispondenza a ω)

J_y = Momento di inerzia dell'asta compressa nel piano contenente i vincoli elastici

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 45 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

i_y = Raggio di inerzia dell'asta compressa nel piano contenente i vincoli elastici

$$\beta = \frac{\lambda_y}{l_0 / i_y}$$

Essendo $n > 2$ e $1.2 \leq \beta \leq n/\sqrt{2}$:

$$K_0 = \frac{\pi^2}{4 \cdot \beta^2} \cdot \frac{N}{l_0} =$$

J_m = Momento di inerzia della membratura valutato sommando l'inerzia del profilo di irrigidimento con l'inerzia della parte di trave, inclusi i contributi di trasporto (vedi schema seguente – la lunghezza collaborante dell'anima è assunta pari a $20 \cdot t_w$)

J_t = Momento di inerzia del traverso

h_2 = Distanza baricentro ala compressa / trasverso

i = Interasse travi (membrature principali)

$$K_i = \frac{E}{\frac{h_2^3}{3 \cdot J_m} + \frac{h_2^2 \cdot i}{J_t}} =$$

Adottando $\zeta = K_i/k_e = 1$ si ricava:

$$\eta_i = \frac{1 + 0.6 \cdot \zeta \cdot \beta}{2} \cdot \left[1 + \sqrt{1 - \frac{1.44 \cdot \zeta \cdot \beta}{(1 + 0.6 \cdot \zeta \cdot \beta)^2}} \right] > 1.1$$

Per la validità del sistema deve essere:

$$K_i \geq 1.0 \cdot \eta_i \cdot K_0$$

Di seguito si riportano i tabulati di verifica per la sezione di mezzzeria:

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	46 di 83

VERIFICA DI STABILITA' DELL' ALA COMPRESSA			
Jx tot	=	3302237.87	cm4
Sx	=	11820	cm3
Jala	=	2328720	cm4
Mmax	=	7212.00	kNm
Meq.	=	6611.62	kNm
Neq	=	2366.6	kN
n	=	30	
l ₀	=	200	cm
A	=	120	cm2
f _{ud}	=	322.73	N/mm2
ω	=	1.64	
λ _y	=	75	
J _y ala	=	16000	cm4
i _y	=	11.55	cm
β	=	4.33	
K ₀	=	155.56	kN/m

CALCOLO DELLA RIGIDEZZA DEI TRAVERSI			
J _m	=	8540	cm4
J _t	=	3892	cm4
h ₂	=	140	cm
i	=	440	cm
K _i	=	893	kN/m
ζ	=	1	
μ	=	3.09	

CONFRONTO TRA LA RIGIDEZZA DI CALCOLO E DI PROGETTO			
893	>	481	STABILE

Si deduce che la piattabanda compressa è stabile.

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 47 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

11.4.2 Verifiche del montante verticale

I traversi ed i montanti verticali formano dei telai trasversali rovesci, di rigidità sufficiente ad impedire lo sbandamento fuori piano delle piattabande superiori compresse.

Nello specifico il montante, costituito dagli irrigidenti trasversali e dalla porzione di anima collaborante delle travi principali, si schematizza come una mensola soggetta ad un carico distribuito pari all'azione del vento e ad un carico concentrato in sommità pari all'effetto di sbandamento impedito. Risulta:

Calcolo dello stato di sollecitazione

Effetto del vento

Si considera una forza $f = 0.45 \text{ kN/m}$

(si considera un interasse di 2.00 m):

$$V_w = f \cdot l = 0.45 \times 2.00 = \pm 0.90 \text{ kN}$$

$$M_w = q_w \cdot l^2 / 2 = 0.45 \times 2.00^2 / 2 = \pm 0.9 \text{ kNm}$$

Azione instabilizzante delle travi principali

Massima forza di compressione (SLU)

$$\underline{\text{Sigma Sup Max}} = 218.40 \text{ MPa}$$

$$\underline{\text{Sigma Inf Min}} = -218.40 \text{ MPa}$$

$$N_{c \text{ max}} = 2 \times (218.40 \times 400 \times 30) / 1000 = 5241.6 \text{ kN}$$

L'azione instabilizzante da utilizzare per le verifiche di resistenza del montante verticale è stata calcolata secondo quanto prescritto al punto 7.2.7.3 della C.N.R. 10011/97: $F = N_{\text{max}} / (100 \times \beta)$.

Azione instabilizzante: $F = N_{c \text{ max}} / 100 \times 4.33 = 5241.6 / 433 = \pm 12.11 \text{ kN}$ (SLU)

L'eccentricità del carico rispetto all'asse del traverso : $e_{st} = 2.00 - 0.035 - 0.40 \cong 1.57 \text{ m}$

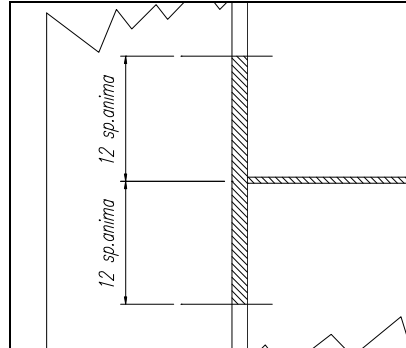
Momento associato all'azione instabilizzante: $M_{\text{stab}} = \pm 12.11 \times 1.57 = \mp 19.02 \text{ kNm}$

$$V = 12.11 + 0.9 \times 0.9 = 12.92 \text{ kN}$$

$$M = 19.02 + 0.9 \times 0.9 = 19.83 \text{ kNm}$$

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	48 di 83

Verifica di resistenza



Anima 16 x 199.2 mm

Ptb. inf = 2 x 12 t_{w trave} = (12 x 16 x 2 + 16) x 16 mm = 400 x 16 mm

MONTANTE		
Altezza	194	
Piatt. Sup	0	0
Rinforzo	0	0
Anima	190	16
Piatt. Inf.	400	16
A=	9440	mm ²
Jx=	85398187	mm ⁴
W _{x,s}	426990.9	mm ³
W _{x,i}	426990.9	mm ³
V _x	12.92	kN
M _x	19.02	kNm
τ =	2.02	MPa
σ _{res,s} =	44.54	MPa
σ _{res,i} =	44.54	MPa
σ _{res,id,s} =	47.34	MPa
σ _{res,id,i} =	47.47	MPa

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 49 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

Verifiche di stabilità

Imbozzamento

In accordo con il paragrafo 7.2.6.2 della CNR 10011 risulta:

Anima: $b/t = 194/1.6 = 12.13 < 42$

Verifica delle nervature di irrigidente verticale secondo CNR 10030

Di seguito si riporta la verifica della nervatura di irrigidimento verticale delle anime delle travi, secondo la CNR 10030.

Gli irrigidimenti verticali di cui si svolge la verifica sono tutti asimmetrici rispetto all'anima della trave (sono posti solo nella parte interna) hanno spessore dell'anima pari a 16 mm, larghezza di 199.2 mm , altezza pari a 1940 mm. Il passo degli irrigidenti è pari a 2000 mm.

Occorre verificare, secondo le CNR 10030, la disuguaglianza:

$$J \geq 0.15 \cdot \gamma_T^* \cdot h_w \cdot t_w^3$$

Assumendo lo stato tensionale più gravoso per la verifiche di ciascun irrigidimento si ottiene (cfr. [CNR 10030] Prospetto 3.1):

$$\alpha = a/h_w = 2000/1940 = 1.03$$

$$\gamma_T^* = 8$$

$$I_{\min,T} = 0.15 \times 8 \times 1940 \times 16^3 = 9535488 \text{ mm}^4$$

$$I_{\text{reale}} \cong 16 \times 199.2^3 / 3 = 42156711 \text{ mm}^4 \geq I_{\min,L}$$

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 50 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

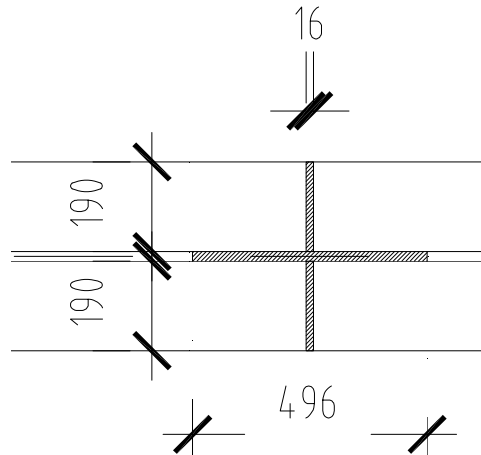
Verifiche di stabilità in corrispondenza degli appoggi

In corrispondenza degli apparecchi di appoggio si effettua la verifica di stabilità dell'anima della trave e dei due montanti verticali a fronte di un carico concentrato:

Carico di punta

In accordo con [CNR 10030] §6.3, la sezione di verifica considerata è pari all'irrigidimento trasversale più un'aliquota dell'anima non inferiore a 12 volte il suo spessore (per ciascun lato). La verifica più gravosa si configura in corrispondenza dell'appoggio delle pile.

$t_s = 16 \text{ mm}$	spessore montante
$h_s = 190 \text{ mm}$	larghezza montante (simmetrico rispetto all'anima)
$t_w = 20 \text{ mm}$	spessore anima



Sezione dell'irrigidimento utilizzata nelle verifiche

$A = 16 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	area della sezione
$J = 85.65 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	momento d'inerzia
$i = 74 \text{ mm}$	giratore d'inerzia
$L_0 = 1940 \text{ mm}$	luce libera d'inflexione (h_{anima})
$\lambda = 27$	snellezza dell'irrigidimento
ω (Prospetto 7-IIIc - $\lambda = 17$) = 1.06	coefficiente ω
$N_{RD} = f_{yd} \cdot A / \omega = 275 / 1.10 \cdot 16 / 1.06 = 3773 \text{ kN}$	massimo sforzo resistente

Tale valore si aggiunge al valore di sforzo normale proveniente dalla verifica di resistenza del montante effettuata in precedenza e pari a:

$$N = \sigma_{\text{res}} \cdot A = 47.34 \cdot 16 = 757.44 \text{ kN}$$

La portata degli appoggi ($\approx 1830 \text{ kN}$; P1-P2)

<i>CCT</i>	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 51 di 83
-------------------	------------------	---	-----------	--------------------

A tale valore si aggiunge al valore di sforzo normale proveniente dalla verifica di resistenza del montante effettuata in precedenza e pari a:

$$N = \sigma_{res} * A = 47.34 * 16 = 757.44 \text{ kN}$$

Pertanto $N_{tot} \approx 1830 + 758 = 2588 \text{ kN}$ inferiore al massimo sforzo resistente sull'irrigidimento e quindi la verifica risulta soddisfatta.

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	52 di 83

11.4.3 Verifiche saldature di composizione

Di seguito si riportano i valori di massimo scorrimento tra anima e piattabande calcolati mediante la teoria approssimata del taglio considerando le azioni derivanti dall'involuppo dei massimi tagli sezione per sezione.

Date le dimensioni del cordone di saldatura utilizzato nel progetto, si calcola la τ sul cordone di saldatura che, in ogni caso, è minore della resistenza di progetto pari a $\beta_{1f_{yk}} = 0.7 \times 275 = 192.5$ MPa, in accordo con quanto specificato al punto 4.2.8.2.4 del DM 14/01/2008.

Saldature anima piattabande

Saldature cordone superiore								
Sezione	t anima	Scorrimento	Ag,minma	cordone			h gola	τ
	(mm)	[N/mm]	[mm ²]	[mm]			[mm]	[Mpa]
1	16	29.04	0.15	8	x	8	5.66	5.13
2	16	28.74	0.15	8	x	8	5.66	5.08
3	20	35.74	0.19	10	x	10	7.07	5.05
4	16	28.74	0.15	8	x	8	5.66	5.08
5	15	26.95	0.14	8.0	x	8	5.66	4.76

Saldature cordone superiore								
Sezione	t anima	Scorrimento	Ag,minma	cordone			h gola	τ
	(mm)	[N/mm]	[mm ²]	[mm]			[mm]	[Mpa]
1	16	29.04	0.15	8	x	8	5.66	5.13
2	16	28.74	0.15	8	x	8	5.66	5.08
3	20	35.74	0.19	10	x	10	7.07	5.05
4	16	28.74	0.15	8	x	8	5.66	5.08
5	15	26.95	0.14	8.0	x	8	5.66	4.76

Saldatura irrigidenti-trave

Saldature del tronchetto – trave principale

$$V = 53.23 \text{ kN}$$

$$M = 83.11 \text{ kNm}$$

Cordoni – superiori e inferiori

$$F = N/2 + M/h = 53.23/2 + 83.11/194 = 69.46 \text{ kN}$$

La forza è equilibrata dai cordoni trasversali (rispetto all'asse del viadotto) tra costola orizzontale e anima dell'irrigidente.

Cordoni trasversali – lato irrigidente: 4 cordoni 8 x 8

$$L_3 = 199.2 \text{ cm}$$

$$A_g = 4 \times 0.8 \times 0.707 \times 199.2 = 450 \text{ mm}^2$$

Risulta:

$$\tau_{L \max} = 69.46 \times 1000 / 450 = 155 \text{ MPa} < 0.7 \times 275 / 1.25 = 192.5 \text{ MPa}$$

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	53 di 83

12 VERIFICA DEI TRAVERSI

12.1 Sollecitazioni di verifica

La verifica viene condotta sul traverso (IPE 240) lato spalla che presenta un'altezza di soletta maggiore rispetto al resto dell'impalcato.

Si analizza una striscia (trasversale) di 2.00 m di larghezza (interasse trasversi) in due schemi statici di luce da 4,00 m: incastrato e semplicemente appoggiato. A favore di sicurezza si assumeranno, in fase di verifica, i massimi delle sollecitazioni e deformazioni ottenuti.

Vengono riportate di seguito le sollecitazioni elementari, nonché combinate (comb.STR), di momento e taglio in corrispondenza delle sezioni di mezzzeria e del giunto del trasverso:

Le sollecitazioni sono espresse in KN m per i momenti e in KN per i tagli

SEZ. MEZZERIA	M	T	coeff.
P.ACCIAIO	0.77	-	1,35
PERM PORTATI			
LAMIERA GRECATA	0.57		1.50
SOLETTA	12.0	-	1,50
PAVIMENTAZIONE	4.80	-	1,50
ACCIDENTALE	20.0	-	1,35
$\Delta M + \text{VENTO}$	19.83	-	1,00

TOT-SLU	73.86	-
----------------	--------------	----------

SEZ. GIUNTO	M	T	coeff.
P.ACCIAIO	0.52	0.77	1,35
PERM PORTATI			
LAMIERA GRECATA	0.35	0.53	1.50
SOLETTA	8.00	12.0	1,50
PAVIMENTAZIONE	3.20	4.80	1,50
ACCIDENTALE	13.3	20.0	1,35
$\Delta M + \text{VENTO}$	-	-	1,00

TOT-SLU	35.98	54.04
----------------	--------------	--------------

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 54 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

12.2 Verifiche tensionali e di resistenza

Nei prospetti seguenti si riportano le verifiche del traverso:

- **Tensionali**, mostrando le tensioni nelle piattabande inferiore e superiore, e confrontando le stesse con quelle limite;

12.2.1 Verifica sezione di mezzeria (Mmax+)

SEZIONE DI MEZZERIA

GEOMETRIA DELLA SEZIONE DI ACCIAIO

Piattabanda sup. b1xt1 (cm)	=	12.00	x	0.98
Anima txh	=	0.62	x	22.04
Piattabanda inf. b2xt2	=	12.00	x	0.98

TABELLA RIASSUNTIVA

AZIONE AS. (KN)	0.00
MOMENTO (KNm)	73.86
TAGLIO (KN)	0.00

CARATTERISTICHE INERZIALI DELLA TRAVE

AREA (cm ²)	39.10
Jx (cm ⁴)	3892.00
BARIC. da lembo sup. (cm)	12.00
Ws acc. (cm ³)	324.33
Wi acc. (cm ³)	324.33

VERIFICHE DELLE TENSIONI

$\sigma_{a,sup}$ (N/mm ²)	227.73
$\sigma_{a,inf}$ (N/mm ²)	-227.73

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 55 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

12.2.2 Verifica sezione di giunto (Mmax-)

SEZIONE DI GIUNTO

GEOMETRIA DELLA SEZIONE DI ACCIAIO

Piattabanda sup. b1xt1 (cm)	=	12.00	x	0.98
Anima txh	=	0.62	x	22.04
Piattabanda inf. b2xt2	=	12.00	x	0.98

TABELLA RIASSUNTIVA

AZIONE AS. (KN)	0.00
MOMENTO (KNm)	-35.98
TAGLIO (KN)	54.04

CARATTERISTICHE INERZIALI DELLA TRAVE

AREA (cm ²)	39.10
Jx (cm ⁴)	3892.00
BARIC. da lembo sup. (cm)	12.00
Ws acc. (cm ³)	324.33
Wi acc. (cm ³)	324.33

VERIFICHE DELLE TENSIONI

$\sigma_{a,sup}$ (N/mm ²)	-110.94
$\sigma_{a,inf}$ (N/mm ²)	110.94

<i>CCT</i>	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 56 di 83
-------------------	------------------	---	-----------	--------------------

12.3 Stabilità all'imbozzamento

In accordo con il paragrafo 7.2.6.2 della CNR 10011 risulta:

Anima: $b/t = 238.04/6.2 = 38.40 < 42$

Piattabande : $bf/tf = (120-6.2)/(2*9.8) = 5.8 < 14$

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 57 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

12.4 Stabilità flessio-torsionale (svergolamento)

Per travi a doppio T laminate, inflesse nel piano dell'anima, si deve verificare nel piano normale a quello di flessione, la stabilità dell'ala compressa supposta isolata dall'anima.

A tal fine, seguendo il criterio del 7.2.2.4 del CNR 10011, si ricava dal prospetto 7-IIIb il valore della tensione critica in corrispondenza della snellezza λ dell'ala compressa tra due ritegni torsionali successivi.

Deve essere:

$$\sigma = \omega \frac{N_{eq,f}}{A_f} \leq f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1.1} = 250 \text{ MPa}$$

Dove:

$$\omega = 1.11 \quad (\lambda = l_0/i_{\min} = 400/9.97 = 40.12 - \text{IPE 240} - \text{Prospetto 7-IIIb CNR10011})$$

$$N_{eq,f} = \frac{\eta_1 M_{\max}}{I_x} S_x \quad \text{è la forza assiale agente nell'ala supposta isolata dall'anima;}$$

$$A_f = 11.76 \text{ cm}^2 \quad \text{è l'area dell'ala compressa;}$$

$$I_x = 3892 \text{ cm}^4 \quad \text{è il momento di inerzia di tutta la sezione rispetto all'asse x;}$$

$$S_x = 135.36 \text{ cm}^3 \quad \text{è il momento statico dell'ala compressa rispetto all'asse x;}$$

$\eta_1 = M_{eq,f} / M_{\max}$ è il coefficiente definito al punto 7.3.2.2.1 del CNR1001 e che nel caso di travi appoggiate è pari a 0.75

Di seguito si riporta esplicitata:

$$\sigma = 1.11 \cdot \frac{0.75 \cdot 73.86 \cdot 135.36}{11.76 \cdot 3892} \cdot 1000 = 181.85 \text{ MPa} \leq f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1.1} = 250 \text{ MPa}$$

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 58 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

12.5 Calcolo e verifica delle giunzioni flangiate

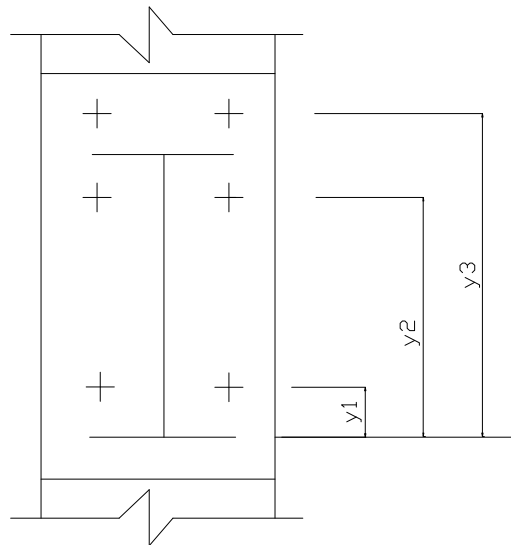
Viene di seguito descritta la verifica delle unioni flangiate che costituiscono il collegamento dei traversi con le travi preassemblati in officina:

12.5.1 Calcolo delle forze indotte da M nei bulloni

La posizione dell'AN non è nota a priori in quanto la sezione non è tutta reagente a trazione (l'area reagente a trazione è costituita dall'area dei bulloni).

La ricerca dell'asse neutro andrebbe effettuata imponendo la condizione $C = T$.

Si può assegnare approssimativamente la posizione dell'asse neutro come in figura giustificando tale scelta con la considerazione che, essendo modesta l'area resistente a trazione (area bulloni), dovrà esserlo di conseguenza anche l'area compressa (bulloni + lamiera) per garantire l'equilibrio $C = T$.



$$M_{est} = F_1 Y_1 + F_2 Y_2 + F_3 Y_3 \quad \text{equilibrio}$$

$$\frac{F_1}{Y_1} = \frac{F_2}{Y_2} = \frac{F_3}{Y_3} \quad \text{congruenza (conservazione della sezione piana)}$$

$$Y_1 = 5.0 \text{ cm}$$

$$Y_2 = 21.0 \text{ cm}$$

$$Y_3 = 28.5 \text{ cm}$$

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 59 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

$$M = \frac{F_1}{Y_1}(Y_1^2 + Y_2^2 + Y_3^2) \Rightarrow F_1 = (35.98 \times 100 \times 5.0) / (5.0^2 + 21.0^2 + 28.50^2)$$

$$\begin{aligned} F_1 &= 14.08 \text{ kN} & N_{1b} &= F_1/2 = 7.04 \text{ kN} \\ F_2 &= 59.14 \text{ kN} & N_{2b} &= F_2/2 = 29.57 \text{ kN} \\ F_3 &= 80.26 \text{ kN} & N_{3b} &= F_3/2 = 40.13 \text{ kN} \end{aligned}$$

12.5.2 Calcolo delle forze indotte da T nei bulloni

$$V_{1b} = T/6 = 54.04/6 = 9.00 \text{ kN}$$

12.5.3 Verifica dei bulloni

Il bullone più sollecitato (3) è soggetto a:

- a. forza assiale $N_{3b} = 40.13 \text{ kN}$;
- b. forza di taglio $V_{1b} = 9.00 \text{ kN}$.

Adottiamo bulloni classe 8.8: $d = 16 \text{ mm}$;

$$A_{res} = 157 \text{ mm}^2; f_{d,V} = 0.6 * f_{tb} / \gamma_{M2} = 0.6 * 800 / 1.25 = 384 \text{ MPa}; f_{d,N} = 0.9 * f_{tb} / \gamma_{M2} = 0.9 * 800 / 1.25 = 576 \text{ MPa};$$

$$f_N = \frac{40.13 \times 1000}{157} = 255.60 \text{ N/mm}^2$$

$$f_V = \frac{9.00 \times 1000}{157} = 57.33 \text{ N/mm}^2$$

Verifica:

$$\left(\frac{f_V}{f_{d,V}} \right) = \left(\frac{57.33}{384} \right) = 0.15 \leq 1$$

$$\left(\frac{f_N}{f_{d,N}} \right) = \left(\frac{255.6}{576} \right) = 0.44 \leq 1$$

$$\left(\frac{f_V}{f_{d,V}} \right) + \left(\frac{f_N}{1.4 * f_{d,N}} \right) \leq 1; \quad \left(\frac{57.33}{384} \right) + \left(\frac{255.6}{1.4 * 576} \right) = 0.47 < 1;$$

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 60 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

12.5.4 Verifica della controflangia

8.6.4.1 Calcolo dello spessore

$$T/A_{netta} \leq \sigma_{adm} \quad F/[s(b-2d)] \leq \sigma_{adm}$$

$$54.04 \cdot 10 / [s(14 - 2 \cdot 1.7)] = 50.98/s \text{ daN/cm}^2 \leq f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot 1.05) = 1512.1 \text{ daN/cm}^2$$

$s \geq 0.033 \text{ cm}$ si adotta una piastra di spessore 2.0 cm

8.6.4.2 Verifica al rifollamento

La resistenza di calcolo a rifollamento del piatto dell'unione può essere assunta pari a:

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot d \cdot t \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_{M2}}$$

dove:

$d = 16.0 \text{ mm}$ (diametro nominale gambo bullone);

$t = 20.0 \text{ mm}$ (spessore piastra collegata);

$f_{tk} = 430.0 \text{ N/mm}^2$;

$\gamma_{M2} = 1.25$

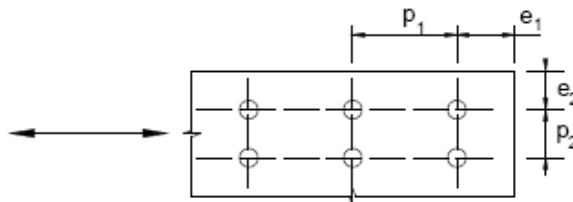
$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{tb}}{f_t}; 1 \right\}$ (per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato);

$\alpha = \min \left\{ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0.25; \frac{f_{tb}}{f_t}; 1 \right\}$ (per bulloni interni nella direzione del carico applicato);

$k = \min \left\{ \frac{2.8 \cdot e_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right\}$ (per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato);

$k = \min \left\{ \frac{1.4 \cdot p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right\}$ (per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato).

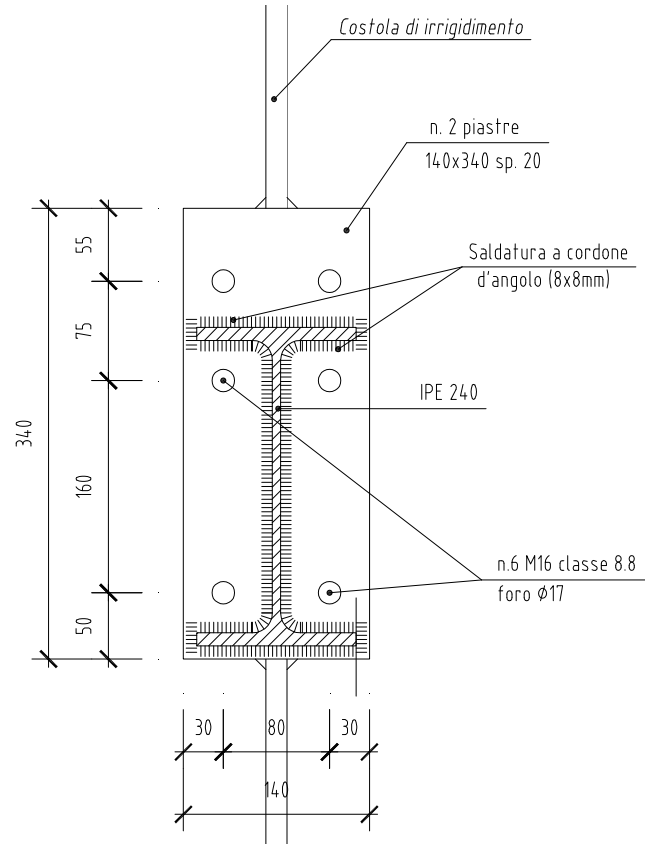
essendo e_1 , e_2 , p_1 e p_2 indicati nella figura sottostante e d_0 il diametro nominale del foro di alloggiamento del bullone (17 mm).



Parametri relativi ad un giunto bullonato

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 61 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

Risulta, per il caso più gravoso di bullone di bordo:



Collegamento oggetto di verifica

$$F_{b,Rd} = 2.5 \times 0.98 \times 17 \times 10 \times \frac{430}{1.25} \times 10^{-3} = 143.27 \text{ kN}$$

Supponendo che la forza di taglio si ripartisca equamente su ciascun bullone, la forza tagliante allo stato limite ultimo vale:

$$V_{1,b} = 9.00 \text{ kN} < F_{b,Rd}$$

La verifica è dunque soddisfatta.

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 62 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

13 SOLLEVAMENTO DELL'IMPALCATO

Il sollevamento dell'impalcato per permettere la sostituzione degli apparecchi d'appoggio viene effettuato per mezzo di martinetti, posizionati in corrispondenza degli apparecchi di appoggio sotto le travi principali. In tale posizione le travi sono state irrigidite mediante un fazzoletto di altezza pari a 40 cm.

Il carico massimo in corrispondenza dell'appoggio di pila è pari a $V = 762$ kN (Comb. QP - vedi cap 16).

Si adotteranno dunque 2 martinetti da 40t ciascuno su ciascuno appoggio di pila.

Sulle spalle il carico massimo, in corrispondenza di ciascuno appoggio è pari a 100 kN (Cpmb. QP – vedi cap. 16).

Si adotterà dunque un martinetto per ciascuno appoggio di spalla, il cui carico massimo è pari a 15 t.

13.1 Verifica irrigidimento verticale

A favore di sicurezza si dimensiona per un valore di scarico di progetto sul singolo martinetto pari a 400 kN

Si verifica a carico di punta l'asta formata dall'anima della trave, per una lunghezza collaborante di $20t_w$, oltre l'irrigidimento verticale formato da un piatto da 200*6. Le caratteristiche statiche dell'asta così composta sono le seguenti:

a	19 cm	lunghezza irrigidimento
n° lati	2	2 se l'irrigidimento è su due lati dell'anima della trave
b	39 cm	lunghezza anima trave collaborante
t_w	1.6 cm	spessore anima trave
t_i	1.0 cm	spessore irrigidimento
A_i	100.4 cmq	
I_{aa}	7912 cm ⁴	inerzia intorno alla dimensione a
I_{bb}	5346 cm ⁴	inerzia intorno alla dimensione b
i_a	8.87 cm	
i_b	7.30 cm	

<i>CCT</i>	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 63 di 83
-------------------	------------------	---	-----------	--------------------

Assumendo quindi una lunghezza libera di inflessione dell'asta di 100cm (a favore di sicurezza in quanto l'irrigidimento è alto solo 40cm) si ha:

l_0 100 cm altezza anima

λ 14

Per $\lambda = 14$ si ottiene, dal prospetto 7-IIIc delle CNR 10011:

ω 1.00

da cui la verifica risulta essere:

N 400 kN

σ 40 N/mm²

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 64 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

14 VERIFICA CONTROVENTI

Le azioni orizzontali sul modello di calcolo vengono assorbite dai traversi. La funzione dei controventi è solamente quella di sostegno delle travi principali in fase di montaggio. Comunque, in favore di sicurezza, si verificano facendo assorbire loro la forza orizzontale dovuta al vento (vedi par. 8.3).

In favore di sicurezza si considerano due controventi lungo lo sviluppo dell'intero impalcato:

$$N = 0.9 \cdot 10 / (2 \cdot \cos 24^\circ) = 5.00 \text{ kN}$$

in cui:

- $f_2 = 0.9 \text{ kN/m}$ - forza orizzontale dovuta al vento
- $L = 10$ - zona di influenza dei controventi esaminati
- $n = 2$ - numero di controventi esaminati
- $\alpha = 24^\circ$ - inclinazione controventi rispetto verticale

14.1 Verifica del profilato ad "L" (90×90×6)

Verifica di resistenza

$$N/A_{\text{forata}} \leq f_{yd} = f_{yk} / 1.05 = 261.9 \text{ MPa}$$

Verifica di stabilità

$$\omega N/A \leq f_{yd} = f_{yk} / 1.10 = 250 \text{ MPa}$$

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	65 di 83

VERIFICA DI RESISTENZA

Caratteristiche delle travi in acciaio			
Altezza trave totale (90x90x6)		Htr (m)	0.0900000
Larghezza piattabanda superiore		Bpe (m)	0.0000000
Spessore piattabanda superiore		Spe (m)	0.0000000
Larghezza piattabanda inferiore		Bpi (m)	0.0900000
Spessore piattabanda inferiore		Spi (m)	0.0060000
Spessore anima		Ba (m)	0.0060000
Altezza anima		Ha (m)	0.0840000
Area della sezione forata		Aa (m ²)	0.0004883
Momento statico lembo inferiore		Sai (m ³)	0.0000258
Dist. baric. lembo inferiore		Dagi (m)	0.0528642
Dist. baric. lembo superiore		Dage (m)	0.0371358
Momento d'inerzia baricentrico X		Jgx (m ⁴)	0.0000017
Modulo di resist. lembo super.		Wae (m ³)	0.0000445
Modulo di resist. lembo infer.		Wai (m ³)	0.0000313
Momento statico al lembo sup. anima		Sae (m ³)	0.0000000
Momento statico al lembo inf. anima		Sai (m ³)	0.0000269
Momento statico asse Y		Svi (m ³)	0.0000258
Dist. baric. asse Y		Dvgi (m)	0.0528642
Momento d'inerzia baricentrico Y		Jgy (m ⁴)	0.0000017

Sollecitazioni					
Sforzo normale	max	=	N_{eser}	N (kN)	5
Sforzo di taglio	max	=	T_{eser}	T (kN)	0
Momento flettente	max	=	M_{eser}	M (kNm)	0

Verifica della trave - CARICO MASSIMO					
$\sigma_{anima\ sup.}$	=	10.24 N/mm ²	<f _{yd} =	261.90 N/mm ²	
$\tau_{anima\ sup.}$	=	0 N/mm ²	<f _{t,d} =	151.2 N/mm ²	
$\sigma_{id\ sup.}$	=	10.24 N/mm ²	<f _{yd} =	261.90 N/mm ²	
$\sigma_{anima\ inf.}$	=	10.24 N/mm ²	<f _{yd} =	261.90 N/mm ²	
$\tau_{anima\ inf.}$	=	0 N/mm ²	<f _{t,d} =	151.2 N/mm ²	
$\sigma_{id\ inf.}$	=	10.24 N/mm ²	<f _{yd} =	261.90 N/mm ²	

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	66 di 83

VERIFICA DI STABILITA'

Caratteristiche delle travi in acciaio			
Altezza trave totale (90x90x6)		Htr (m)	0.0900000
Larghezza piattabanda superiore		Bpe (m)	0.0000000
Spessore piattabanda superiore		Spe (m)	0.0000000
Larghezza piattabanda inferiore		Bpi (m)	0.0900000
Spessore piattabanda inferiore		Spa (m)	0.0060000
Spessore anima		Ba (m)	0.0060000
Altezza anima		Ha (m)	0.0840000
Area della sezione		Aa (m ²)	0.0010440
Momento statico lembo inferiore		Sai (m ³)	0.0000258
Dist. baric. lembo inferiore		Dagi (m)	0.0247241
Dist. baric. lembo superiore		Dage (m)	0.0652759
Momento d'inerzia baricentrico X		Jgx (m ⁴)	0.0000008
Modulo di resist. lembo super.		Wae (m ³)	0.0000127
Modulo di resist. lembo infer.		Wai (m ³)	0.0000334
Momento statico al lembo sup. anima		Sae (m ³)	0.0000000
Momento statico al lembo inf. anima		Sai (m ³)	0.0000117
Momento statico asse Y		Svi (m ³)	0.0000258
Dist. baric. asse Y		Dvgi (m)	0.0247241
Momento d'inerzia baricentrico Y		Jgy (m ⁴)	0.0000008

Sollecitazioni				
Sforzo normale	max	= N _{eser}	N (kN)	5
Sforzo di taglio	max	= T _{eser}	T (kN)	0
Momento flettente	max	= M _{eser}	M (kNm)	0

Fenomeni di instabilità			
Coefficiente beta			1.00
Lunghezza asta		m	4.61
Lunghezza libera d'inflessione		m	4.61
Asta composta			4.61
i _{min}		m ³	0.0281
Lamba		λ	163.91
Omega		ω	4.56

Prosp. - 7Ilic - CNR10011

Verifica della trave - CARICO MASSIMO			
σ _{anima sup.}	=	21.84 N/mm ²	<f _{yd} = 261.90 N/mm ²
τ _{anima sup.}	=	0 N/mm ²	<f _{t,d} = 151.2 N/mm ²
σ _{id sup.}	=	21.84 N/mm ²	<f _{yd} = 261.90 N/mm ²
σ _{anima inf.}	=	21.84 N/mm ²	<f _{yd} = 261.90 N/mm ²
τ _{anima inf.}	=	0 N/mm ²	<f _{t,d} = 151.2 N/mm ²
σ _{id inf.}	=	21.84 N/mm ²	<f _{yd} = 261.90 N/mm ²

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 67 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

14.2 Verifica dell'unione bullonata

Le verifiche effettuate sui bulloni, e sulle piastre di nodo sono le seguenti:

- 1) Rottura a taglio del gambo del bullone
 - a- eccentricità tra le linee d'asse e linee di truschinaggio
 - b- eccentricità perpendicolare al piano della trave
- 2) Verifica a rifollamento piastre di nodo
 - a- verifica a rifollamento anima angolare

Le tensioni di calcolo sono le seguenti:

$$1) f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 275 / 1.05 = 261.9 \text{ MPa}$$

2) Classe dei bulloni 8.8

$$f_{d,v} = 0.6 * f_{tb} / \gamma_{M2} = 0.6 * 800 / 1.25 = 384 \text{ MPa};$$

$$f_{d,N} = 0.9 * f_{tb} / \gamma_{M2} = 0.9 * 800 / 1.25 = 576 \text{ MPa}$$

14.2.1 Rottura a taglio del gambo del bullone

Sulla sezione di rottura $\pi d^2/4$ agisce la forza F/n , dove n è il numero di bulloni di una fila.

Si adottano bulloni classe 8.8: $d = 16 \text{ mm}$

$$A_{res} = 157 \text{ mm}^2$$

Per cui avremo:

$$f_b = \frac{F}{A_{res}} = \frac{5 * 1000}{157} = 31.85 \text{ MPa} < f_{yd} = 261.9 \text{ MPa}$$

Verifica a rifollamento piastra

$$F = 5 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 2.5 * 0.68 * 17 * 10 * \frac{430}{1.25} * 10^{-3} = 99 \text{ kN}$$

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	68 di 83

15 CALCOLO DELL'ESCURSIONE APPOGGI E GIUNTI

La valutazione degli spostamenti longitudinali e trasversali in corrispondenza degli apparecchi d'appoggio è eseguita con riferimento alle azioni statiche ed alle azioni sismiche. In particolare, le azioni considerate nell'analisi sono:

- variazione termica uniforme pari a 30°C, con effetto sia in allungamento sia un accorciamento (d_{T3});
- azione sismica con doppio effetto (d_E).

Le combinazioni di calcolo utilizzate sono espresse in forma sintetica nel seguito:

- combinazione statica: $d_{tot,stat} = \pm d_{\epsilon 3}$;
- combinazione sismica: $d_{tot,sisma} = \pm 0.5 \cdot d_{\epsilon 3} \pm d_E$.

Pertanto, l'allungamento/accorciamento per metro lineare di impalcato dovuto alla dilatazione termica equivale a:

$$d_{\epsilon 3} = 0.000012 \times (\pm 30^\circ) \times 1000 = \pm 0.36 \text{ mm/ml}$$

Escursione apparecchi d'appoggio:

allin.to		distanza dal fisso (m)	Escursione long. unilaterale statica		Escursione long. unilaterale sismica		Escursione trasv. unilaterale
			Accorc.	Allung.	Accorc.	Allung.	
	Giunto SPA	-53.5	-19.26	+19.26	-44.63	+44.63	± 35
mobile	SPA	-53	-19.08	+19.08	-44.54	+44.54	± 35
mobile	P1	-29	-10.44	+10.44	-40.22	+40.22	± 35
fisso	Limp./2	0	0	0	-35.00	+35.00	
mobile	P2	29	-10.44	+10.44	-40.22	+40.22	± 35
mobile	SPB	53	-19.08	+19.08	-44.54	+44.54	± 35
	Giunto SPB	53.5	-19.26	+19.26	-44.63	+44.63	± 35

L'escursione totale longitudinale e trasversale dei giunti è pari a:

$$e_T = 70 \text{ mm} \quad \text{-giunto SPA-SPB } (\pm 100\text{mm}) \quad \text{trasversale}$$

$$e_L = 89.26 \text{ mm} \quad \text{-giunto SPA-SPB } (\pm 100\text{mm}) \quad \text{longitudinale}$$

Il varco minimo è pari a:

$$v = e_L / 2 + 20 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm} \quad \text{-giunto SPA}$$

$$v = e_L / 2 + 20 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm} \quad \text{-giunto SPB}$$

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 69 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

16 FRECCE E CONTROMONTE

Al fine di evitare deformazioni e spostamenti che possano compromettere l'uso efficiente della struttura (danno al transito dei carichi mobili) o che possano risultare incompatibili con la geometria della struttura stessa, nonché dei vincoli e dei dispositivi di giunto previsti, è necessario verificare lo stato limite di esercizio *di deformazione e/o spostamento*.

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento è definito come:

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_1 + \delta_2$$

essendo:

- δ_C la monta iniziale della trave;
- δ_1 lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti;
- δ_2 lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili;
- $\delta_{\text{max}} = \delta_{\text{tot}} - \delta_C$ lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale.

Indicata con L la luce della trave, si adottano, in accordo alla tabella 4.2.X del D.M. 14 gennaio 2008, i seguenti limiti:

$$\frac{\delta_{\text{max}}}{L} < \frac{1}{250}$$

$$\frac{\delta_2}{L} < \frac{1}{350}$$

16.1 Travi longitudinali

Dal modello della passerella implementato in SAP si ricava:

$$\delta_1 = 91.50 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = 70.00 \text{ mm}$$

da cui:

$$\delta_{\text{tot}} = 161.50 \text{ mm}$$

Anche trascurando la monta iniziale la verifica è comunque soddisfatta. Infatti è:

$$\delta_{\text{max}} < \frac{\ell}{250} = \frac{58000}{250} = 232.0 \text{ mm}$$

$$\delta_2 < \frac{\ell}{350} = \frac{58000}{350} = 165.7 \text{ mm}$$

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 70 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

16.2 Traversi

Schematizzando i traversi come travi di luce $\ell = 4.0$ m, semplicemente appoggiate agli estremi e soggette ad un carico uniformemente distribuito q , la freccia massima in mezzera vale:

$$f_{\ell/2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot \ell^4}{E \cdot J}$$

Per un profilo IPE 240 si ha:

$$q_{PP} = 30.7 \text{ kg/m}$$

$$J = 3892 \text{ cm}^4$$

I traversi sono posti ad un interasse pari a $i = 2.0$ m; per cui:

$$q_{PERM} = (0.131 + 0.35 \times 25.0 + 0.04 \times 30.0) \times 2.0 = 20.16 \text{ kN/m}$$

Pertanto lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti vale:

$$\delta_1 = \frac{5}{384} \times \frac{(0.31 + 20.16) \times 4000^4}{210000 \times 3892 \times 10^4} = 8.35 \text{ mm}$$

Il sovraccarico variabile vale:

$$q_{ACC} = 5.0 \times 2.0 = 10.0 \text{ kN/m}$$

Pertanto lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili vale:

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{10.0 \times 4000^4}{210000 \times 3892 \times 10^4} = 4.07 \text{ mm}$$

Per i traversi non si prevede una monta iniziale; lo spostamento nello stato finale, ortogonale all'asse dell'elemento, vale:

$$\delta_{\max} = \delta_{\text{tot}} = \delta_1 + \delta_2 = 8.35 + 4.07 = 12.42 \text{ mm}$$

La verifica è pertanto soddisfatta. Infatti è:

$$\delta_{\max} < \frac{\ell}{250} = \frac{4000}{250} = 16.0 \text{ mm}$$

$$\delta_2 < \frac{\ell}{350} = \frac{4000}{350} = 11.42 \text{ mm}$$

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	71 di 83

16.3 Contromonta

Le deformazioni massime della passerella devono risultare compatibili con la geometria della struttura in relazione alle esigenze del traffico, nonché ai vincoli ed i dispositivi di giunto previsti in progetto.

Dovrà comunque verificarsi quanto segue:

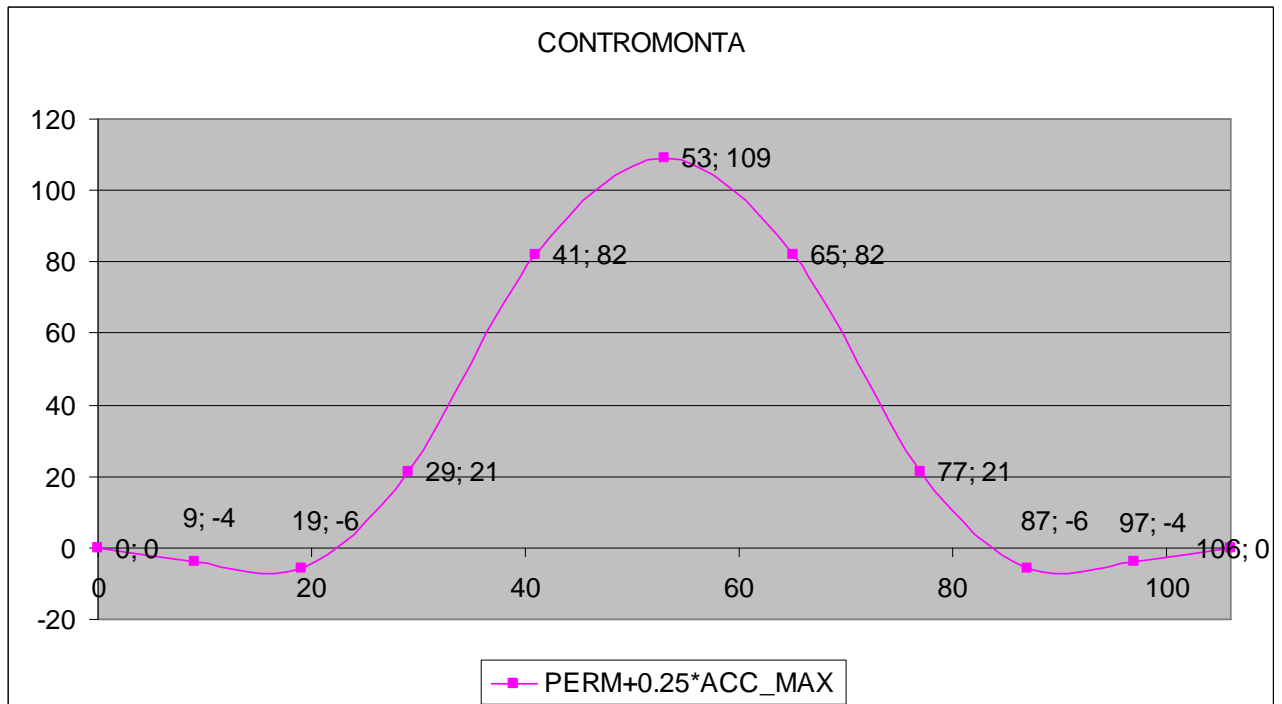
- l'impalcato deve presentare una contromonta da determinare per la totalità dei carichi permanenti, nonché per il 25% dei carichi accidentali;

dove:

Lc = luce di calcolo = 24+58+24 m

f = massima freccia

In base ai risultati ottenuti dall'analisi si ottengono i seguenti valori della contromonta:



CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	72 di 83

17 CALCOLO DELLE REAZIONI VINCOLARI

Si riportano di seguito le tabelle contenenti gli scarichi massimi e minimi sugli appoggi delle spalle e delle pile relativi alle combinazioni definite nel cap. 9:

TABLE: Element Forces - Links					
Link	OutputCase	StepType	N	T _{long}	T _{trasv}
			kN	kN	kN
SPALLA 1 e 2 Appoggio sx e dx	STR-1	Max	-150.25	0	0
	STR-1	Min	-150.25	0	0
	STR-2	Max	-30.07	0	0
	STR-2	Min	-302.38	0	0
	STR-3	Max	-153.10	0	8.08
	STR-3	Min	-153.10	0	8.08
	STR-4	Max	-31.78	0	4.85
	STR-4	Min	-304.09	0	4.85
	STR-5	Max	-105.03	0	8.08
	STR-5	Min	-213.95	0	8.08
	CAR-1	Max	-11.64	0	0.00
	CAR-1	Min	-213.35	0	0.00
	CAR-2	Max	-102.56	0	5.39
	CAR-2	Min	-102.56	0	5.39
	CAR-3	Max	-12.78	0	3.23
	CAR-3	Min	-214.49	0	3.23
	CAR-4	Max	-66.96	0	5.39
	CAR-4	Min	-147.64	0	5.39
	FR-1	Max	-65.05	0	0.00
	FR-1	Min	-145.74	0	0.00
	FR-2	Max	-101.04	0	1.08
	FR-2	Min	-101.04	0	1.08
	QP	Max	-100.66	0	0
	QP	Min	-100.66	0	0
	SLV-X	Max	-98.89	27.68	6.14
	SLV-X	Min	-110.35	-25.67	-5.89
	SLV-Y	Max	-94.30	9.00	20.19
	SLV-Y	Min	-114.94	-6.99	-19.94
	SLV-Z	Max	-97.10	9.00	6.14
	SLV-Z	Min	-112.15	-6.99	-5.89

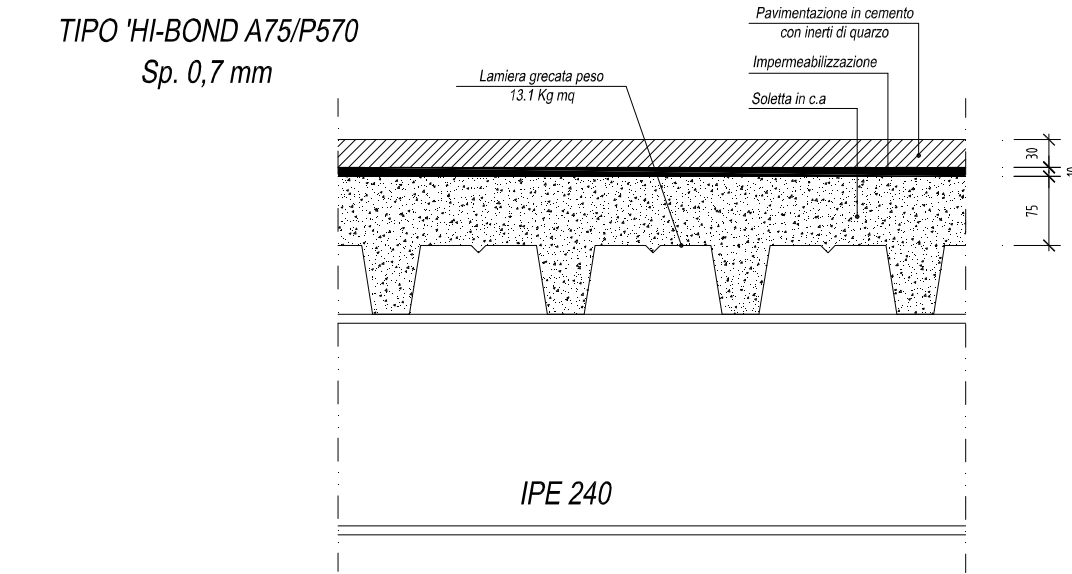
TABLE: Element Forces - Links					
Link	OutputCase	StepType	N	T _{long}	T _{trasv}
			kN	kN	kN
PILA 1 e 2 Appoggio sx e dx	STR-1	Max	-1094.90	0	0
	STR-1	Min	-1094.90	0	0
	STR-2	Max	-1266.44	0	0
	STR-2	Min	-1790.76	0	0
	STR-3	Max	-1156.45	0	27.68
	STR-3	Min	-1156.45	0	27.68
	STR-4	Max	-1303.37	0	16.61
	STR-4	Min	-1827.68	0	16.61
	STR-5	Max	-1225.06	0	27.68
	STR-5	Min	-1434.79	0	27.68
	CAR-1	Max	-888.65	0	0
	CAR-1	Min	-1277.04	0	0
	CAR-2	Max	-802.62	0	18.45
	CAR-2	Min	-802.62	0	18.45
	CAR-3	Max	-913.27	0	11.07
	CAR-3	Min	-1301.65	0	11.07
	CAR-4	Max	-853.44	0	18.45
	CAR-4	Min	-1008.80	0	18.45
	FR-1	Max	-812.41	0	0
	FR-1	Min	-967.77	0	0
	FR-2	Max	-769.79	0	3.69
	FR-2	Min	-769.79	0	3.69
	QP	Max	-761.59	0	0
	QP	Min	-761.59	0	0
	SLV-X	Max	-750.28	14.35	4.23
	SLV-X	Min	-764.78	-34.88	-4.05
	SLV-Y	Max	-746.64	-2.89	13.90
	SLV-Y	Min	-768.42	-17.64	-13.71
	SLV-Z	Max	-737.58	-2.89	4.23
	SLV-Z	Min	-777.48	-17.64	-4.05

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	74 di 83

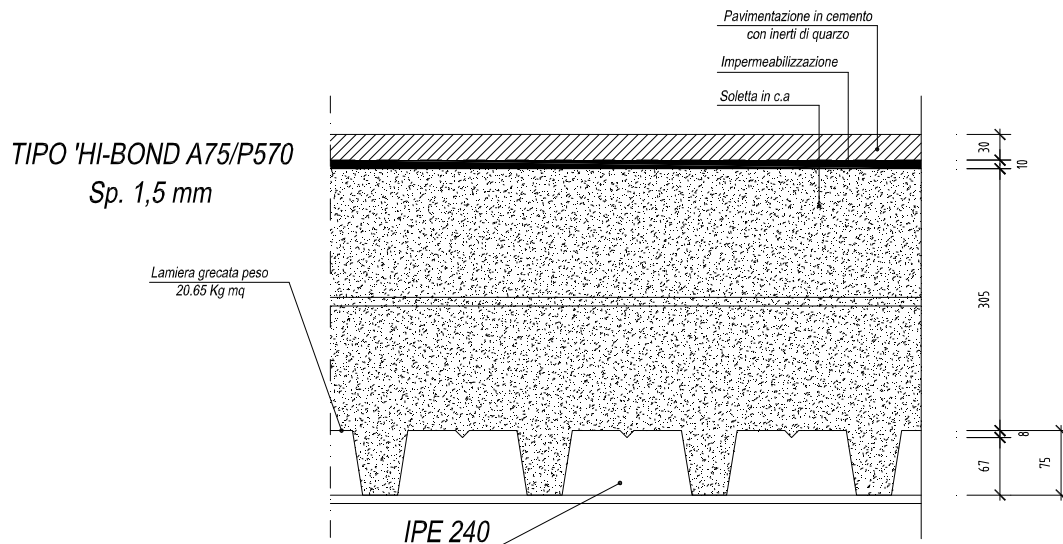
18 EFFETTI LOCALI - CALCOLO E VERIFICA DELLA SOLETTA IN C.A.

L'impalcato è realizzato in lamiera grecata zincata integrata da un getto di completamento in conglomerato cementizio armato.

Lo spessore della soletta è variabile da 9.5 cm (sezione corrente) a 30.5 cm lato spalla.



Sezione trasversale soletta corrente



NOTA:
La soletta con sp. 305 mm va eseguita solo per i primi 4.5 m di impalcato.

Sezione trasversale soletta lato spalla

La soletta è collaborante con la lamiera, nella fase finale a maturazione del calcestruzzo avvenuta.

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 75 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

18.1 Verifica lamiera grecata

18.1.1 Schema statico

La lamiera grecata trova impiego come cassero autoportante nella fase di getto della soletta.

Occorre verificare che la lamiera non subisca inflessioni eccessive.

Si considera lo schema statico di trave su due appoggi di luce pari a 2.0 m (uguale all'interasse fra i traversi).

Trasversalmente si considera una fascia larga 1.0 m.

18.1.2 Analisi dei carichi

Peso proprio lamiera

Dai dati reperibili in letteratura la lamiera grecata zincata reca un peso proprio di 13.1 kg/m².

Peso getto fluido

La soletta, di spessore pari a 7.5 cm (sezione corrente), ha un'area (riferita ad una striscia pari a 1.0 m) di 0.12 m²; pertanto il peso del getto fluido vale:

$$p_{PGO} = \gamma_{CA} \cdot A_{soletta} = 25.0 \times 0.12 = 3.00 \text{ kN/m}$$

La soletta, di spessore pari a 30.5 cm (sezione lato spalle), ha un'area (riferita ad una striscia pari a 1.0 m) di 0.33 m²; pertanto il peso del getto fluido vale:

$$p_{PGO} = \gamma_{CA} \cdot A_{soletta} = 25.0 \times 0.33 = 8.25 \text{ kN/m}$$

18.1.3 Calcolo freccia in mezzeria

La freccia in mezzeria vale quindi:

Sezione corrente

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot \ell^4}{E \cdot J} = \frac{5}{384} \times \frac{(0.131 + 3.00) \times 200^4}{21000000 \times 96.29} = 0.33 \text{ cm} < \frac{\ell}{500} = 0.40 \text{ cm}$$

dove:

E = 210000 N/mm² modulo elastico acciaio;

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 76 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

$J = 96.29 \text{ cm}^4/\text{m}$ modulo di inerzia lamiera (A75/P570 S070; dato reperito in letteratura).

Sezione lato spalle

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot \ell^4}{E \cdot J} = \frac{5}{384} \times \frac{(0.131 + 8.25) \times 200^4}{21000000 \times 220.57} = 0.38 \text{ cm} < \frac{\ell}{500} = 0.40 \text{ cm}$$

dove:

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$ modulo elastico acciaio;

$J = 220.57 \text{ cm}^4/\text{m}$ modulo di inerzia lamiera (A75/P570 S150; dato reperito in letteratura).

La verifica è da ritenersi soddisfatta.

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 77 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

18.1.4 Verifica di resistenza

Sezione corrente

Il momento massimo (positivo) in mezzzeria vale, in base allo schema di trave su due appoggi soggetta a carico uniforme:

$$M_{\max}^+ = \frac{1}{8} \cdot p \cdot \ell^2$$

Allo SLU si ha:

$$M_{SLU, \max}^+ = 1.35 \times \left[\frac{1}{8} \times (0.131 + 3.00) \times 2.0^2 \right] = 2.11 \text{ kN} / m$$

La corrispondente tensione ideale vale:

$$\sigma_i = \sigma_M = \frac{M}{W} = \frac{2.11 \times 10^6}{21.08 \times 10^3} = 100.09 \text{ N} / \text{mm}^2 < \frac{f_{yk}}{\gamma_{m0}} = \frac{235}{1.05} = 224 \text{ N} / \text{mm}^2$$

dove con $W = 21.08 \text{ cm}^3$ si è indicato il modulo resistente della lamiera (A75/P570 S070; valore reperito in letteratura).

Sezione lato spalle

Il momento massimo (positivo) in mezzzeria vale, in base allo schema di trave su due appoggi soggetta a carico uniforme:

$$M_{\max}^+ = \frac{1}{8} \cdot p \cdot \ell^2$$

Allo SLU si ha:

$$M_{SLU, \max}^+ = 1.35 \times \left[\frac{1}{8} \times (0.131 + 8.25) \times 2.0^2 \right] = 5.66 \text{ kN} / m$$

La corrispondente tensione ideale vale:

$$\sigma_i = \sigma_M = \frac{M}{W} = \frac{5.66 \times 10^6}{68.51 \times 10^3} = 82.62 \text{ N} / \text{mm}^2 < \frac{f_{yk}}{\gamma_{m0}} = \frac{235}{1.05} = 224 \text{ N} / \text{mm}^2$$

dove con $W = 21.08 \text{ cm}^3$ si è indicato il modulo resistente della lamiera (A75/P570 S150; valore reperito in letteratura).

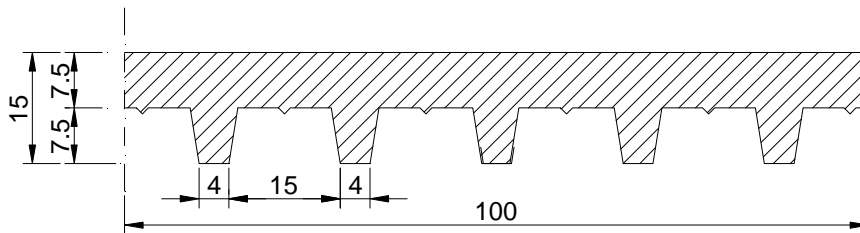
La verifica è soddisfatta.

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	78 di 83

18.2 Verifica longitudinale soletta

18.2.1 Schema statico

A vantaggio di sicurezza si effettua la verifica solo sulla sezione corrente e si trascura la presenza della lamiera grecata verificando una sezione di larghezza pari a 100 cm:



Sezione soletta oggetto di verifica

Lo schema statico adottato è ancora quello di trave su due appoggi, di luce pari a 2.0 m, soggetta a carichi uniformemente distribuiti.

18.2.2 Analisi dei carichi

Peso proprio

Il peso proprio in ragione di 25.0 kN/m^3 e di una sezione trasversale di area 0.12 m^2 :

$$P_{trave} = \gamma_{CA} \cdot A_{trave} = 25.0 \times 0.12 = 3.00 \text{ kN/m}$$

Sovraccarico permanente

Il sovraccarico permanente è rappresentato:

- dalla lamiera grecata:

$$P_{lamiera} = \gamma_{lamiera} \cdot \ell = 0.131 \times 1.0 = 0.131 \text{ kN/m}$$

- dalla pavimentazione avente spessore pari a 4.0 cm e peso per unità di volume pari a 30.0 kN/m^3 ,

$$P_{pavimentazione} = \gamma_{pav} \cdot s_{pav} \cdot \ell = 30.0 \times 0.04 \times 1.0 = 1.20 \text{ kN/m}$$

Sovraccarico accidentale

Trattandosi di un ponte di 3° Categoria (passerelle pedonali), si considera un sovraccarico accidentale pari a 5.0 kN/m^2 :

$$q_{acc} = q_{fk} \cdot \ell = 5.0 \times 1.0 = 5.0 \text{ kN/m}$$

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	79 di 83

18.2.3 Combinazioni di carico per le verifiche

Nella seguente tabella si riportano le combinazioni di carico adottate per le verifiche.

COMBO	PP	PERM	ACC
SLE-car	1.00	1.00	1.00
SLF-freq	1.00	1.00	0.75
SLF-qp	1.00	1.00	0.00
SLU-str	1.35	1.50	1.50

18.2.4 Sollecitazioni

In base allo schema statico di trave semplicemente appoggiata agli estremi e soggetta ad un carico uniformemente distribuito, il momento massimo positivo in mezzera e il taglio agli appoggi valgono rispettivamente:

$$M_{\max}^+ = \frac{1}{8} \cdot p \cdot l^2$$

$$V_{\max} = \frac{1}{2} \cdot p \cdot l$$

Nella tabella seguente si riportano le sollecitazioni utili per le verifiche.

COMBO	M_{\max} (kNm)	V_{\max} (kN)
SLE-car	4.67	9.33
SLE-Freq	4.05	8.08
SLE-qp	2.17	4.33
SLu-str	6.77	13.55

Si dispone all'intradosso di ciascun travetto 1 barra $\varnothing 12$; al fine di assorbire i momenti negativi agli appoggi, e non colti dal modello di calcolo adottato, si dispone all'estradosso della soletta una rete elettrosaldata $\varnothing 10/20/20$.

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 80 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

18.2.5 Verifiche agli Stati Limite

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: soletta

(Percorso File: D:\archivio\arc-sezca\al78\soletta.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non classificata sismica
 Posizione sezione nell'asta: In prossimità dell'attacco a nodo

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: Rck370
 Resis. compr. di calcolo fcd : 174.0 daN/cm²
 Resis. traz. di calcolo fctd: 13.50 daN/cm²
 Modulo Elastico Normale Ec : 32837 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm: 29.00 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 184.30 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 184.30 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 138.20 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk: 5400.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd: 4200.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.010
 Modulo Elastico Ef : 2060000 daN/cm²
 Coeff. Aderenza ist. $\beta_1*\beta_2$: 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. $\beta_1*\beta_2$: 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: Rck370

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.60	15.00
2	50.60	15.00
3	50.60	7.50
4	49.40	0.00
5	45.40	0.00
6	44.20	7.50
7	31.70	7.50
8	30.50	0.00
9	26.50	0.00
10	25.30	7.50
11	12.80	7.50
12	11.50	0.00
13	7.50	0.00
14	6.25	7.50
15	-6.25	7.50
16	-7.50	0.00
17	-11.50	0.00
18	-12.80	7.50
19	-25.30	7.50
20	-26.50	0.00
21	-30.50	0.00
22	-31.70	7.50
23	-44.20	7.50
24	-45.40	0.00
25	-49.40	0.00
26	-50.60	7.50

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 81 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	47.40	2.00	12
2	-47.40	2.00	12
3	-28.50	2.00	12
4	28.50	2.00	12
5	-9.50	2.00	12
6	9.50	2.00	12
7	-45.00	11.00	10
8	45.00	11.00	10

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	7	8	3	10

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	677	0	0	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	467	0

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	405	0

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	217	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 1.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

CCT	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	C4114	C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	A	82 di 83

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	677	0	0	3442	0	5.085

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00314	-50.6	15.0	-0.00063	-45.0	11.0	-0.00993	47.4	2.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.00000000	0.001032958	-0.011994366	0.261	0.766

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm²]
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di conglomerato [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	18.8	-50.6	15.0	-595	9.5	2.0	195	71	0.125	0.01

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	16.3	50.6	15.0	-516	9.5	2.0	195	71	0.125	0.01

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	8.7	-50.6	15.0	-276	9.5	2.0	195	71	0.125	0.01

CCT	Doc. N. C4114	CODIFICA DOCUMENTO C4114_E_C_AC4_MAJ05_0_IA_RC_004_A.doc	REV. A	FOGLIO 83 di 83
------------	------------------	---	-----------	--------------------

Verifica a taglio

Elementi senza armatura trasversale a taglio

- Verifica del conglomerato

$$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d = \quad \mathbf{66.03} \quad \text{kN}$$

$$VEd = \quad \mathbf{13.55} \quad \text{kN} \quad \boxed{\text{ok}}$$

con:

$$K = 1 + (200/d)^{1/2} = \quad 2.000 \quad \leq 2$$

$$R_{ck} = \quad \mathbf{37} \quad \text{N/mm}^2$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = \quad 0.549 \quad \text{N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = \quad 30.71 \quad \text{N/mm}^2$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = \quad 17.40 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) = \quad 0.00678 \quad \leq 0,02$$

$$c = \quad 20 \quad \text{mm}$$

$$d = \quad \mathbf{100} \quad \text{mm}$$

$$H = \quad 120 \quad \text{mm}$$

$$b_w = \quad 1000 \quad \text{mm}$$

$$A_{sl} = \quad \mathbf{678} \quad \text{mm}^2$$

$$N_{Ed} = \quad \mathbf{0.00} \quad \text{kN}$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = \quad 0.000 \quad \text{N/mm}^2 \quad \leq 0,2 \cdot f_{cd}$$

Dato che la verifica risulta soddisfatta non occorre disporre un'apposita armatura resistente a taglio.