

Committente:

VALCOLATTE s.r.l.

Stabilimento di Fiorenzuola d'Arda (PC)

S.S. 9 Via Emilia

PROGETTO DI AMPLIAMENTO

ATTIVAZIONE DI PROCEDIMENTO UNICO

ART. 53 COMMA 1 LETTERA B) DELLA L.R. n.24/2017

**RELAZIONE PRELIMINARE DI
CALCOLO STRUTTURE**

DOCUMENTO	REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	DATA
2460VCL-Relazione preliminare	A	M. Castellana	P. Manfredi	15.05.2026

Indice

1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	3
2	INDIVIDUAZIONE DEL SITO	4
3	CARATTERISTICHE DEL TERRENO.....	5
4	INDICAZIONI RELATIVE ALLA TIPOLOGIA DI FONDAZIONI.....	6
5	DESTINAZIONE D'USO E DEI CARICHI	7
6	VITA NOMINALE E SULLA CLASSE D'USO.....	8
7	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
8	PARAMETRI AZIONE SISMICA	10
9	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	13
10	Analisi delle interazioni tra le componenti architettoniche, impiantistiche e le opere di contenimento dei consumi energetici, nonché delle modalità per ridurre al minimo le eventuali interferenze con le strutture e proposte esecutive conseguenti.....	14
11	Analisi finalizzate a perseguire il più possibile i criteri di regolarità in pianta ed in elevazione della costruzione, dal punto di vista del comportamento sotto l'effetto delle azioni sismiche e proposte esecutive conseguenti	15
12	PREDIMENSIONAMENTO ELEMENTI PRINCIPALI.....	16
12.1	Verifica Tegolo TT prefabbricato H=100cm.....	16

1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La presente relazione redatta ai sensi del D.G.R. E-R n.1373 del 26/09/2011, è diretta a specificare in maniera unitaria gli elementi essenziali che illustrano, in modo chiaro e sintetico, le modalità con cui è stato sviluppato il progetto riguardante le strutture e le motivazioni delle scelte progettuali effettuate. In particolare, il progetto consiste nella realizzazione DI AMPLIAMENTO dello stabilimento Valcolatte di Fiorenzuola d'Arda (PC).

Dal punto di vista geologico, l'area interessata dall'intervento è pianeggiante e stabile; non sono presenti fenomeni geologici e geomorfologici attivi in grado di comprometterne la stabilità e non sono presenti, inoltre, faglie superficiali, discontinuità o cavità. Per gli aspetti di dettaglio si rimanda alla Relazione Geologica.

L'intervento di ampliamento dello stabilimento esistente consiste nella realizzazione di 3 corpi di fabbrica in aderenza alle strutture esistenti ma costruite con giunti di separazione sismici.

Sul lato Nord dello stabilimento è prevista la realizzazione del corpo principale 1, destinato a magazzino. La struttura presenta piano fuori terra con forma rettangolare in pianta di dimensioni esterne di circa 37.00x24.00m e un angolo del fabbricato con un taglio obliquo. E' realizzata con pilastri in conglomerato cementizio armato prefabbricato con sezione quadrata, travi di banchina in c.a.

La copertura è piana e presenta dei tegoli in c.a. prefabbricati con sezione a doppio T che posano su le travi rettangolari. E' previsto un getto collaborante di collegamento.

Il tamponamento è previsto con pannelli prefabbricati in c.a.

Il corpo di fabbrica n°2 è previsto sul lato Est dello stabilimento e prevede una struttura a 2 piani fuori terra destinato a officina/deposito al piano terra e spogliatoio al piano primo.

La struttura presenta forma rettangolare in pianta con dimensioni esterne di 26.00x6.60m.

E' realizzata con pilastri in c.a. travi di impalcato e copertura in c.a. e solai piani a lastre prefabbricate.

E' presente un vano scala in c.a. e il tamponamento esterno è previsto in pannelli sandwich.

Il corpo di fabbrica n°3 è previsto sul lato Sud dello stabilimento e prevede una struttura a 2 piani fuori terra destinato a locale salamoia/asciugatura al piano terra e uffici al piano primo.

La struttura presenta forma rettangolare in pianta con dimensioni esterne di 61.50x14.90/10.70m.

E' realizzata con pilastri in c.a. travi con sezioni a L sia in impalcato intermedio e che in copertura.

L'impalcato intermedio e la copertura sono previsti con elementi prefabbricati con sezione TT e con lastre piane prefabbricate con soletta collaborante in c.a.

Sono presenti 2 rampe scale in opera e i tamponamenti sono in pannelli prefabbricati in c.a.

2 INDIVIDUAZIONE DEL SITO

Il fabbricato in oggetto è ubicato presso lo stabilimento Calcolate situato in Via Emilia nel Comune di Fiorenzuola d'Arda (PC) come indicato nell'immagine seguente.

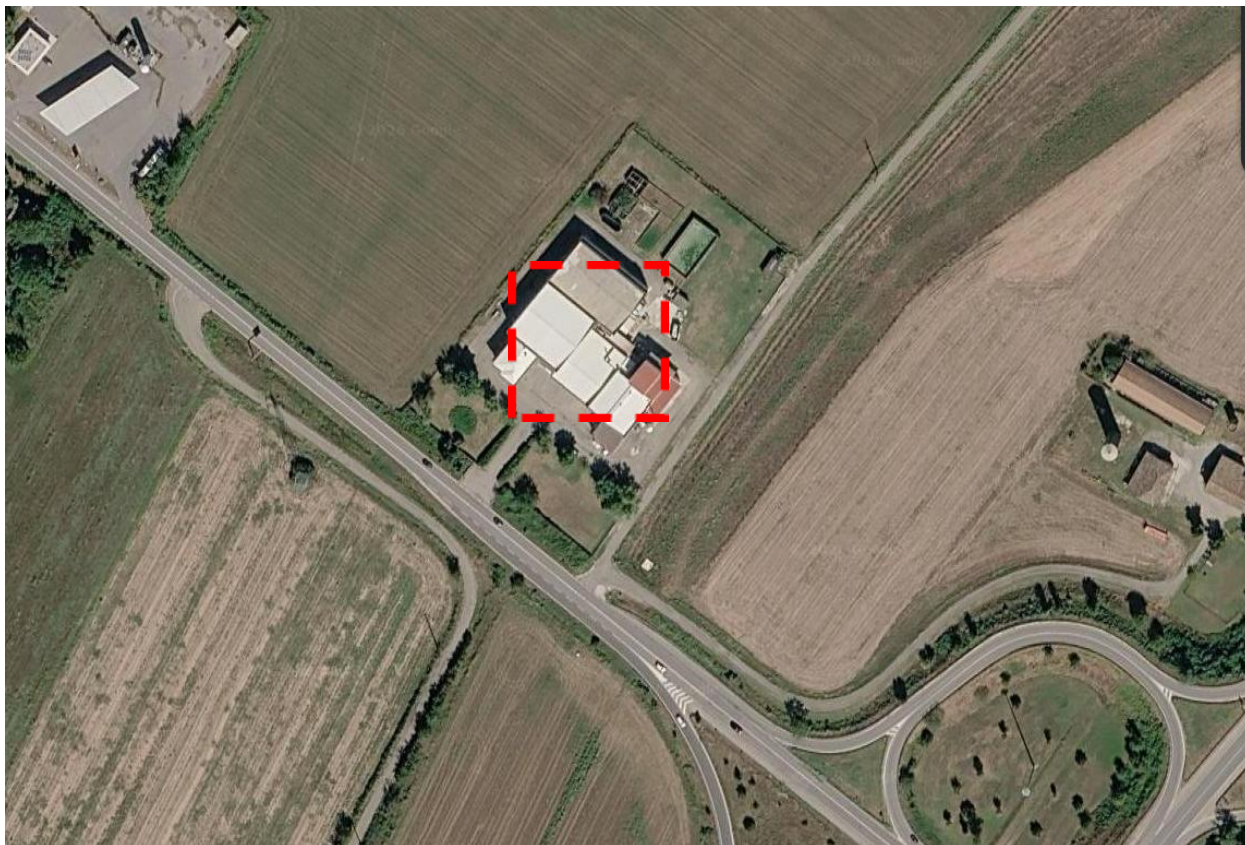


Figura 1 – Inquadramento dell'area

3 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Si riporta a seguire uno stralcio del modello geotecnico del terreno.

Strato	A ^①	A ^②
Litologia prevalente	coltre rimaneggiata	argille limose localmente sabbiose
Profondità basale	~0.90 m	~20.00 m
Spessore strato	~0.90 m	~19.00 m
Peso di vol. naturale		$\gamma_{a1} \cong 1.85 \text{ tonn/mc}$
Peso di vol. saturo		$\gamma'_{a1} \cong 2.05 \text{ tonn/mc}$
Classificazione AGI		poco consistente
• Densità relativa	<i>Si trascura</i>	--
• Coesione non drenata		$C_u \cong 0.50 \text{ Kg/cmq}$
• Angolo d'attrito interno		$\phi' \cong 23^\circ$
Modulo Edometrico		$M_{ed} \cong 58 \text{ Kg/cmq}$
Modulo di deformabilità		$E_y \cong 55 \text{ Kg/cmq}$
Modulo di Poisson		0.38
Modulo di reazione		$K_o \cong 0.60 \text{ Kg/cmc (platea)}$

Il terreno è costituito principalmente da argille limose.

Per ciò che concerne la pericolosità sismica, sulla base della valutazione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo (VS,30) svolta mediante indagine H/V, il terreno di fondazione in oggetto è risultato ricadere nella categoria di sottosuolo "C".

4 INDICAZIONI RELATIVE ALLA TIPOLOGIA DI FONDAZIONI

E' prevista la realizzazione di fondazioni costituite plinti isolati con cordoli di collegamento. Questa soluzione permette di ripartire uniformemente i carichi sul terreno e di avere cedimenti relativi contenuti.

5 DESTINAZIONE D'USO E DEI CARICHI

La destinazione d'uso è dei fabbricati oggetto di ampliamento sono di tipo produttivo per il corpo 1 e corpo 2 e per il corpo n°3 è di tipo produttivo e direzionale (uffici).

Il peso proprio delle strutture in c.a. è valutato in ragione di 25.00 kN/m³.

Il peso proprio della struttura in acciaio è valutato in ragione di 78.50 kN/m³.

Al piano di copertura magazzino (corpo n°1) si prevedono i seguenti carichi:

- Permanenti = 0.50 kN/mq
- Variabili (neve) = 1.20 kN/mq

Al piano di copertura dei corpi 2-3 si prevedono i seguenti carichi:

- Permanenti = 0.50 kN/mq
- Variabili (neve) = 1.20 kN/mq

Al piano di intermedio (corpo n°2) si prevedono i seguenti carichi:

- Permanenti = 3.00 kN/mq
- Variabili (bat.B1) = 3.00 kN/mq

Al piano di intermedio (corpo n°3) si prevedono i seguenti carichi:

- Permanenti = 3.00 kN/mq
- Variabili (bat.B1) = 3.00 kN/mq

6 VITA NOMINALE E SULLA CLASSE D'USO

Vita nominale $V_N = 50$ anni.

Classe d'uso = II (costruzioni con normali affollamenti)

Il coefficiente d'uso deriva dalla classe d'uso definita e risulta pari a $C_U = 1$.

Il periodo di riferimento per la valutazione dell'azione sismica risulta

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1 = 50 \text{ anni}$$

7 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la costruzione delle opere è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali:

- ***Calcestruzzo per sottofondazioni (getto in cis magro)***
 - Classe di resistenza: C12/15
- ***Calcestruzzo per opere di fondazione***
 - Classe di resistenza: C25/30
- ***Calcestruzzo per opere di elevazione***
 - Classe di resistenza: C28/35
- ***Calcestruzzo per strutture prefabbricate***
 - Classe di resistenza: C40/50
 - Classe di resistenza: C45/55
- ***Acciaio d'armatura per c.a.***
 - Tipo: B450C controllato in stabilimento
- ***Acciaio per carpenterie metalliche***
 - Tipo: S275

Tale scelta dei materiali si ritiene ottimale al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

8 PARAMETRI AZIONE SISMICA

vita nominale V_N = 50 anni (opera ordinaria)

classe d'uso = II (opere infrastrutturali non ricadenti in Classe d'uso III o IV)

coefficiente d'uso c_u = 1

periodo di riferimento V_R = 50 anni

categoria di sottosuolo = C

categoria topografica = T1 (superficie pianeggiante)

amplificazione topografica S_T = 1

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

☐ Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

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

Interpolazione

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

Nodi del reticolo intorno al sito

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

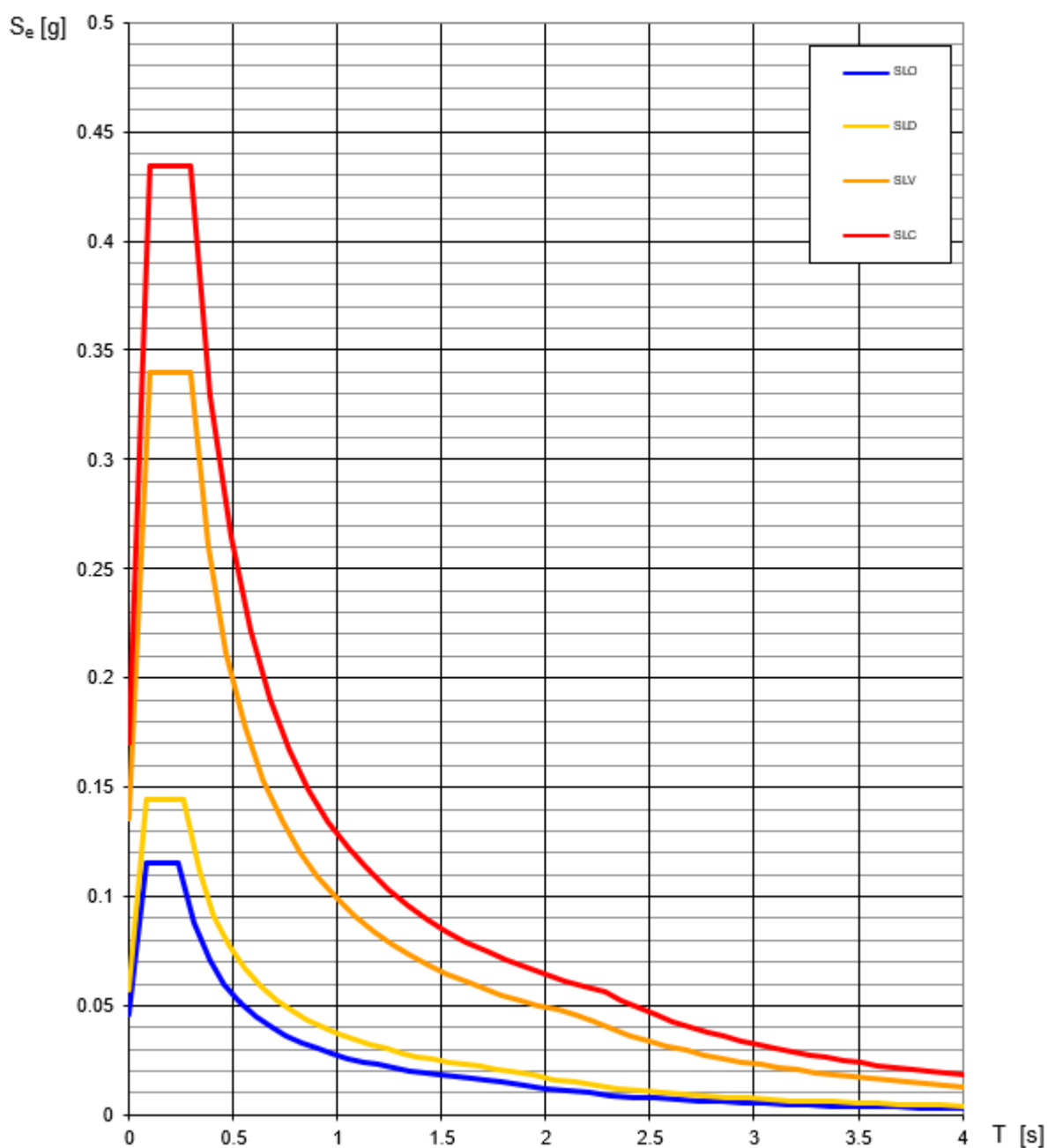
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.038	2.528	0.215
50	0.049	2.489	0.243
72	0.056	2.508	0.257
101	0.065	2.503	0.265
140	0.074	2.495	0.270
201	0.086	2.492	0.276
475	0.118	2.495	0.287
975	0.150	2.527	0.292
2475	0.200	2.582	0.301

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno §

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0.046	2.496	0.237
SLD	75	0.058	2.508	0.258
SLV	712	0.135	2.513	0.290
SLC	1462	0.170	2.551	0.296

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



9 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il progetto è sviluppato nell'osservanza della vigente normativa tecnica:

- **Legge 05-11-1971 n°1086** – *“Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”*
- **Legge 02-02-1974 n° 64** – *“Provvedimenti delle costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*
- **Ministero delle Infrastrutture. Decreto Ministeriale del 17/01/2018**

Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni.

- **Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti. Circolare del 21/01/2019 n° 7**

Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni”.

- **UNI EN 1991-1-1:2005 Eurocodice n. 1:** Azioni sulle strutture;
- **UNI EN 1992-1-1:2005 Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1:** Regole generali e regole per gli edifici;
- **CNR 10011/85** Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- **CNR 10016/85** Travi composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni;
- **Eurocodice 3** Progettazione delle strutture in acciaio;
- **Eurocodice 4** Progettazione delle strutture composte acciaio - calcestruzzo.

10 Analisi delle interazioni tra le componenti architettoniche, impiantistiche e le opere di contenimento dei consumi energetici, nonché delle modalità per ridurre al minimo le eventuali interferenze con le strutture e proposte esecutive conseguenti

Nella fase di studio preliminare data la destinazione d'uso dell'opera, non sono emerse problematiche di rilievo.

11 Analisi finalizzate a perseguire il più possibile i criteri di regolarità in pianta ed in elevazione della costruzione, dal punto di vista del comportamento sotto l'effetto delle azioni sismiche e proposte esecutive conseguenti

I fabbricati sono regolari in pianta, sono composti da coperture piani regolari in altezza.

12 PREDIMENSIONAMENTO ELEMENTI PRINCIPALI

Si riporta la verifica preliminare di elemento di copertura del solaio del corpo 1 magazzino – (tegolo TT)

12.1 Verifica Tegolo TT prefabbricato H=100cm

Carichi applicati:

- Permanenti = 0.50 kN/mq
- Variabili (neve) = 1.50 kN/mq

Larghezza Tegolo TT = 2.50m

Luce massima di calcolo = 22.80 m

Carico getto 6 cm = $1.50 \times 2.50 \text{ m} = 3.75 \text{ kN/mq}$

Carico permanenti = $0.50 \times 2.50 = 1.25 \text{ kN/mq}$

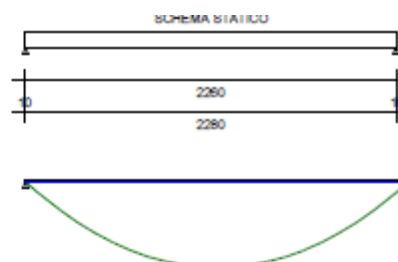
Carico neve = $1.20 \times 2.50 = 3.00 \text{ kN/mq}$

RELAZIONE IN ESERCIZIO

PROGETTO: Valcolatte_TT100L=22.80.hcs

Nome Trave: TT100B15.hcsg

Data : 15/05/2026 Ora : 15:38:36



La trave in oggetto è precompressa con il sistema a trefoli aderenti. Il calcolo è stato eseguito secondo NTC 17 - Gennaio - 2018 e secondo L'Eurocodice 2 UNI EN 1992-1-1 : 2005 per quanto consentito da NTC 17/1/18
 N.B.: Nel calcolo il segno - indica trazione. I Newton sono ricavati col rapporto 10 anziché 9.81 anche nei valori riferiti agli Acciai lenti.

Si considera un ambiente NORMALE

XC3: Interni umidi, esterni protetti da pioggia

1) SCHEMA STATICO :

Trave su due appoggi :	Luce di calcolo	LC =	22.80	m
	Sbalzo sinistro	Ss =	0.10	m
	Sbalzo destro	Sd =	0.10	m
	Lunghezza totale	L =	22.80	m

Il calcolo viene distinto in due fasi :

1a Fase : Reagisce la sola Trave precompressa.

2a Fase : Reagisce la Trave precompressa + il getto collaborante.

2) ANALISI DEI CARICHI :**1a Fase**

Peso proprio Trave:	G1 =	13.48	kN/m
Carichi permanenti pienamente definiti:	G1 =	3.75	kN/m

2a Fase

Carichi permanenti pienamente definiti:	G1 =	0.00	kN/m
Carichi permanenti non pienamente definiti:	G2 =	1.25	kN/m
Carichi accidentali dominanti:	Qk1 =	3.00	kN/m

Coeff. Stato limite ultimo Pesi propri e permanenti $\gamma_{G1} = 1.30$ Coeff. Stato limite ultimo Permanenti non definiti $\gamma_{G2} = 1.50$ Coeff. Stato limite ultimo carichi accidentali $\gamma_{Qk1-Qk2} = 1.50$

CATEGORIA SOVRAC. ACCIDENTALI DOMINANTI

Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)

Coeff. ψ_{11} comb. frequente	=	0.20
Coeff. ψ_{21} quasi perm.	=	0.00

3) TAGLI E REAZIONI AGLI APPOGGI :

Taglio appoggio sinistro comb.Rara	VraraS =	242.72	kN
Taglio appoggio sinistro comb. ultima	VEdS =	325.15	kN
Taglio appoggio destro comb.Rara	VraraD =	242.72	kN
Taglio appoggio destro comb. ultima	VEdD =	325.15	kN
Reazione appoggio sinistro comb.Rara	RraraS =	244.87	kN
Reazione appoggio sinistro comb. ultima	REdS =	328.02	kN
Reazione appoggio destro comb.Rara	RraraD =	244.87	kN
Reazione appoggio destro comb. ultima	REdD =	328.02	kN

4) MATERIALI :

Calcestruzzo:

Classe cemento	=	N
Coeff. s (3.1.2 (6) EC2)	$s =$	0.25
Resistenza caratt. cubica sbanco (min. C28/35) (4.1 NTC)	$R_{ck} =$	35.00 N/mm ²
Resistenza caratt. cubica 28gg (min. C28/35) (4.1 NTC)	$R_{ck} =$	50.00 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c =$	1.4
Resistenza caratt. cilindrica $f_{ck} = R_{ck} \times 0.83$	=	41.50 N/mm ²
Resistenza media a compressione $f_{cm} = f_{ck} + 8$	=	49.50 N/mm ²
Resistenza di calcolo cilindrica $f_{cd} = 0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	25.20 N/mm ²
Resistenza media Traz. assiale $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3}$	=	3.60 N/mm ²
Ecm Trave	$E_{cm} =$	35.55 kN / mm ²

Calcestruzzo getto in opera:

Trapezi Getto

N°	Altezza (cm)	Base Inferiore (cm)	Base Superiore (cm)
1	6	250	250

Resistenza caratt. cubica 28 gg (min. C16/20) (4.1 NTC)	$R_{ck} =$	25.00	N/mm ²
Resistenza caratt. cilindrica ($f_{ck} = R_{ck} \times 0.83$)	$f_{ck} =$	20.75	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c =$	1.5	
Resistenza di calcolo cilindrica ($f_{cd} = f_{ck} / 1.5 \times 0.85$)	$f_{cd} =$	11.76	N/mm ²
Ecm Getto	$E_{cmg} =$	30.20	kN / mm ²

Armatura di precompressione

Trefoli stabilizzati a basso rilassamento

min 1860 N/mm ² Tab. 11.3.VIII NTC	$f_{pk} =$	1860	N/mm ²
	$f_{pd} = f_{pk} / 1.15 =$	1617	N/mm ²
Ep Trefoli stabilizzati	$E_p =$	195.00	kN / mm ²
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s =$	1.15	
min 1670 N/mm ² Tab. 11.3.VIII NTC	$f_{0.1k} =$	1670	N/mm ²

	$f_{p1d} = f_{p1k} / 1.15 =$	1452	N/mm ²
Tesatura iniziale trefoli pretesi	$\sigma_{api} =$	1400	N/mm ²
Armatura lenta			
Acciaio B450C	$f_{yk} =$	450.00	N/mm ²
	$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 =$	391.30	N/mm ²

5) CARATTERISTICHE GEOMETRICHE :

Sezione geometrica solo Trave

Altezza Trave	$H_o =$	100.00	cm
Area Sezione	$A_o =$	5392.00	cm ²
Perimetro	$U =$	867.51	cm
Dimensione Nominale $2 \times A_o / U$	$=$	12.43	cm
Distanza baricentro da estradosso Trave	$Y'o =$	37.67	cm
Momento inerzia	$J_o =$	5057331.44	cm ⁴
Modulo di resistenza superiore	$W'o =$	134243.58	cm ³
Modulo di resistenza inferiore	$W_o =$	81141.64	cm ³

Sezione con calcestruzzo e trefoli omogeneizzati

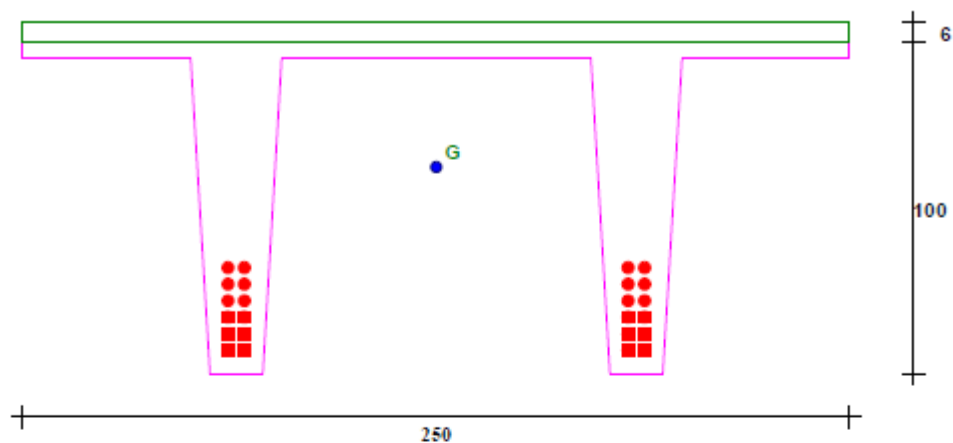
Coefficiente di omog. E_{cs} / E_{cm}	$=$	5.49	
Altezza Trave	$H_o =$	100.00	cm
Area omogeneizzata	$A_1 =$	5634.83	cm ²
Distanza baricentro da estradosso Trave	$Y'1 =$	39.71	cm
Momento inerzia	$J_1 =$	5619295.32	cm ⁴
Modulo di resistenza superiore	$W_{s1} =$	141495.85	cm ³
Modulo di resistenza inferiore	$W_{i1} =$	93209.85	cm ³

Sezione con calcestruzzo trefoli e getti

E Getto / E Trave	$=$	0.85	
Altezza Trave	$H_1 =$	100.00	cm
Altezza Getto	$H_g =$	6.00	cm
Area ideale + getto	$A_2 =$	6909.09	cm ²
Distanza baricentro da estradosso Trave	$Y'2 =$	31.84	cm
Momento inerzia Trave + getto	$J_2 =$	7519178.60	cm ⁴
Modulo di resistenza estradosso getto	$W_g =$	233938.28	cm ³
Modulo di resistenza estradosso Trave	$W_{s2} =$	236187.00	cm ³
Modulo di resistenza intradosso Trave	$W_{i2} =$	110309.63	cm ³

6) ARMATURA DI PRECOMPRESSIONE E ARMATURA LENTA :

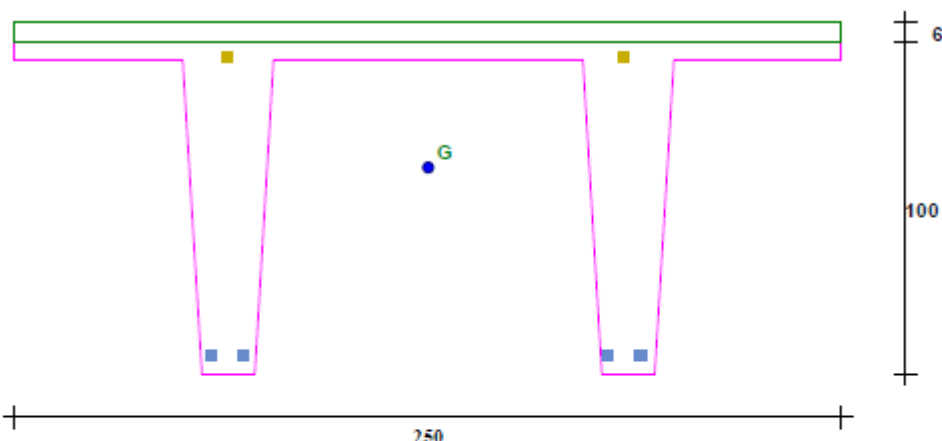
SEZIONE CON TREFOLI



Trefoli

N°	Y (cm)	X (cm)	Area (cm²)	Neut SX.(m)	Neut DX.(m)
1	7.00	62.00	1.39	5.50	5.50
2	7.00	67.00	1.39	5.50	5.50
3	7.00	183.00	1.39	5.50	5.50
4	7.00	188.00	1.39	5.50	5.50
5	12.00	62.00	1.39	4.00	4.00
6	12.00	67.00	1.39	4.00	4.00
7	12.00	183.00	1.39	4.00	4.00
8	12.00	188.00	1.39	4.00	4.00
9	17.00	62.00	1.39	3.00	3.00
10	17.00	67.00	1.39	3.00	3.00
11	17.00	183.00	1.39	3.00	3.00
12	17.00	188.00	1.39	3.00	3.00
13	22.00	62.00	1.39	0	0
14	22.00	67.00	1.39	0	0
15	22.00	183.00	1.39	0	0
16	22.00	188.00	1.39	0	0
17	27.00	62.00	1.39	0	0
18	27.00	67.00	1.39	0	0
19	27.00	183.00	1.39	0	0
20	27.00	188.00	1.39	0	0
21	32.00	62.00	1.39	0	0
22	32.00	67.00	1.39	0	0
23	32.00	183.00	1.39	0	0
24	32.00	188.00	1.39	0	0

SEZIONE CON FERRI



Ferri					SPEZZONI			SPEZZONI	SPEZZONI
N°	Y (cm)	X (cm)	Area (cm²)	Diam.(mm)	Neut SX (m)	L ferro (m)	Neut DX (m)	Lung SX (m)	Lung DX (m)
1	5.00	60.00	4.52	24	0	0	0	0	0
2	5.00	70.00	4.52	24	0	0	0	0	0
3	5.00	180.00	4.52	24	0	0	0	0	0
4	5.00	190.00	4.52	24	0	0	0	0	0
5	95.00	65.00	0.28	6	0	0	0	0	0
6	95.00	185.00	0.28	6	0	0	0	0	0

7) ANALISI DELLE CADUTE DI TENSIONE :

Le cadute sono calcolate nella sezione di max sollecitazione a m 11.40 dall' estremo sx della Trave

Sollecitazioni iniziali di precompressione :

Area totale trefoli	=	33.36	cm²
Distanza Baric. trefoli da lembo Inf. Trave	=	19.50	cm
Tesatura iniziale	=	1400.00	N/mm²
Perdita al martinetto 1.500 % tesatura iniziale	=	21.00	N/mm²
Perdite per ritiro con maturazione vapore (6 giorni)	=	13.29	N/mm²
Perdite per Rilassamento con maturazione a vapore	=	13.30	N/mm²
Precompressione iniziale nei Trefoli	$\sigma_o =$	1352.41	N/mm²
Sforzo di precompressione iniziale	$N_o =$	4511.65	kN
Momento di precompressione iniziale	$M_o =$	184014.32	kNcm

Le perdite dipendenti dal tempo sono calcolate con la formula:

$$D_{spocr} = \frac{e_{cs} \times E_p + 0.8 \times D_{sigmapr} + E_p/E_{cm} \times F_i(t, to) \times \sigma_{macqp}}{(1 + E_p/E_{cm} \times A_p/A_c \times (1 + A_c/J_o \times Z_{cp}^2) \times (1 + 0.8 \times F_i(t, to)))} \quad (5.46 \text{ EC2})$$

$e_{cs} \times E_p =$ deformazione per ritiro $\times E_p$	=	97.50	N/mm²
--	---	-------	-------

Ep = Modulo elasticità acciaio armonico	=	195.00	kN / mm ²
Dsimgapr = variazione tensione per rilassamento nel Bar. Trefoli Inf.	=	59.51	N/mm ²
Rilassamento Trefoli dopo mille ore	=	2.50	%
Ep / Ecm = rapporto moduli acciaio/ CLS	=	5.49	
Fi(t,to) = Coeff. di Viscosità a tempo infinito	=	2.47	
% vapore aria durante la maturazione	=	60.00	%
Soqp = Tensione nel Bar. Trefoli (precom.+azioni quasi permanenti)	=	12.86	N/mm ²
Ap - Ac - Jc vedere nelle caratteristiche geometriche e sopra			
Zop = Distanza tra Bar. Trefoli e bar. Trave	=	40.79	cm
Perdite dipendenti dal tempo nell' acciaio	Dspcsr =	218.22	N/mm ²
Sigma di precompressione finale nei trefoli	$\sigma_o - Dspcsr =$	1134.20	N/mm ²

8) VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO :

Distanza di massima sollecitazione dall' estremo sinistro della Trave : X =11.30m

Sforzo di precompressione finale	Nf =	3783.68	kN
Momento di precompressione finale	Mf =	1543.23	kNm

Combinazione di carichi quasi permanente.

Coefficiente per combinazione quasi permanente	$\Psi_{21} =$	0.00	
Momento del Peso Proprio e Sovracc. Permanenti	Mpp =	1179.86	kNm
Momento Sovraccarichi accidentali	Maqp =	0.00	kNm
Momento Tot. Combinazione quasi permanente	Mpp + Maqp =	1179.86	kNm
Tensione sup. ammessa < 0.45 x fck Getto in Opera	=	9.34	N/mm ²
Tensione Sup. ammessa < 0.45 x fck Trave	=	18.68	N/mm ²
Tensione inferiore ammessa > fctm /1.2	=	-3.00	N/mm ²
Tensione superiore nel getto in Opera	=	0.34	N/mm ²
Tensione superiore nel CLS Trave	=	3.92	N/mm ²
Tensione inferiore nel CLS Trave	=	10.75	N/mm ²

Combinazione di carichi Frequente.

Coefficiente per combinazione frequente	$\Psi_{11} =$	0.20	
Momento Sovraccarichi accidentali	Maf =	38.31	kNm
Momento Tot. Combinazione frequente	Mpp + Maf =	1218.16	kNm
Tensione inferiore per considerare sez. reagente > fctm /1.2	=	-3.00	N/mm ²
Tensione inferiore nel CLS Trave	=	10.40	N/mm ²

Combinazione di carichi Rara.

Momento Sovraccarichi accidentali	Mar =	191.54	kNm
Momento Tot. Combinazione rara	Mpp + Mar =	1371.39	kNm
Tensione sup. ammessa nel getto < 0.60 x fck Getto in Opera	=	12.45	N/mm ²
Tensione Sup. ammessa < 0.60 x fck Trave	=	24.90	N/mm ²
Tensione superiore nel getto in Opera	=	1.16	N/mm ²
Tensione inferiore per considerare sez. reagente > fctm /1.2	=	-3.00	N/mm ²
Tensione superiore nel CLS Trave	=	4.73	N/mm ²
Tensione inferiore nel CLS Trave	=	10.40	N/mm ²

9) VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Il momento resistente è calcolato con il diagramma dell'acciaio formato da una bilatera con il punto di snervamento f_{p1d} e l'estremo f_{pd}

L'ordinata max (def. ultima acciaio = $0.9 \times E_{uk}$) $u_k = 35$ o/oo

Il diagramma del CLS ha sigma di precompressione max = f_{cd}

L'ordinata max (deformazione ultima CLS) = $u_c = 3.5$ o/oo

Momento di calcolo con comb. ultima $M_{Ed} = 1837.08$ kNm

Momento Resistente $M_{Rd} = 4526.00$ kNm

deve essere $M_{Rd} \geq M_{Ed}$

Deformazione del CalcestruzzoGetto $D_c = 3.50$ o/oo

Deformazione totale acciaio $D_a = 5.82$ o/oo

Altezza zona compressa ($0.8 \times Y$) da lembo sup. Getto in opera $Y_r = 16.94$ cm

La Trave va in collasso per rottura del CLS superiore

10) VERIFICHE A TAGLIO SEZIONE NON PRECOMPRESSA

Sezione sull'appoggio sinistro

Taglio all'appoggio comb. Rara $V_{rara} = 242.72$ kN

Taglio di calcolo all'appoggio comb. ultima $V_{Ed} = 325.15$ kN

Altezza sez. appoggio per taglio $H_{app} = 106.00$ cm

Altezza utile = $106 - 5$ $d = 101.00$ cm

Larghezza resistente a Taglio $b_w = 40.00$ cm

Angolo puntone compresso che dà $V_{Rd,max} = V_{Ed}$ $\theta = 4.1^\circ$

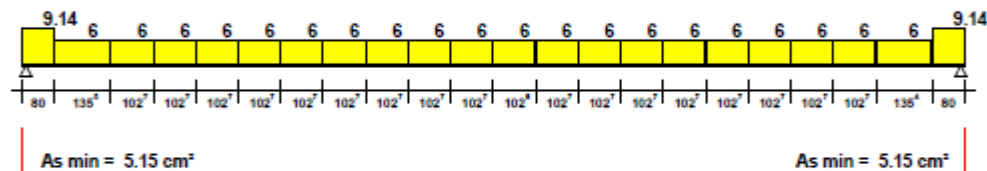
Angolo puntone compresso usato per il calcolo $\theta = 45.0^\circ$

Cot $T_{zeta} \geq 1$ e ≤ 2.5 $Cot\theta = 1.00$

Angolo asse staffe rispetto asse trave $\alpha_s = 90^\circ$

Progetto armatura a taglio e verifiche secondo Capitoli 6.2.2 e 6.2.3 EC2

DIAGRAMMA AREA STAFFE cm^2/m



Area staffe = $V_{Ed} \cdot s / [z \cdot f_{ywd} \cdot Cot(T_{zeta})]$ (6.8 EC2)

$A_{sw} = 9.14$ cm²/m

Acciaio inferiore $V_{Ed} / f_{yd} \cdot Cot(T_{zeta})$

$A_{sl} = 8.31$ cm²

$f_{yd} = 391.30$ N/mm²

Momento Traslato

$M_{Ed} = 147.78$ kNm

Acciaio inferiore ancorato necessario

$A_{sa} = 5.15$ cm²

Momento Resistente con A_{sa}

$M_{Rd} = 166.29 \geq M_{Ed}$ VERIFICATO

Area tref. eventuale conteggiabile a taglio (8.10.2.3 EC2)

$A_{tf} = 0.00$ cm²

9

Verifica Taglio senza staffe

$V_{rdc} = Crdc \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d$	(6.2.a EC2)	$V_{rdc} =$	130.82	kN
$Crdc = 0.18 / \Gamma_{\text{GammaC}}$		$Crdc =$	0.129	
$k = 1 + \sqrt{200 / d} \leq 2$		$k =$	1.44	
$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) \leq 0.02$	(6.2.2 EC2)	$\rho_l =$	0.001	≤ 0.02 VERIFICATO
$V_{rdmin} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot b_w \cdot d$	(6.2.b EC2)	$V_{rdmin} =$	158.22	kN
$\max(V_{rdc}, V_{rdmin})$		$=$	158.22	kN < V _{Ed} - USARE STAFFE

Verifica Taglio Trazione

$z = 0.9 \cdot d$		$z =$	90.90	
$f_{ywd} = f_{yd}$		$f_{ywd} =$	391.30	N/mm ²
Taglio $V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\alpha) / s$	(6.8 EC2)	$V_{Rd,s} =$	325.14	kN >= V _{Ed} - VERIFICATO
Area staffe max ammessa	(6.12 EC2)	$A_{sw,m} =$	64.44	cm ² /m >= A _{sw} - VERIFICATO

Verifica Taglio Compressione

$V_{rd,max} = \alpha_{facw} \cdot b_w \cdot z \cdot n_1 \cdot f_{cd} / [\cot(\alpha) + \tan(\alpha)]$	(6.9 EC2)	$V_{rd,max} =$	2292.19	kN >= V _{Ed} - VERIFICATO
$\alpha_{facw} =$		$\alpha_{facw} =$	1.00	
$n_1 = 0.6 \cdot (1 - f_{ck}/250)$	(6.6N EC2)	$V_1 =$	0.50	
Verifica Puntone $V_{max} = K_a \cdot b_w \cdot d \cdot n_1 \cdot f_{cd}$	(6.5 EC2)	$V_{max} =$	2546.88	kN >= V _{Ed} - VERIFICATO
$K_a = 0.5 - 0.1552 \cdot [\cot(\alpha) - 1] / (2.5 - 1)$		$K_a =$	0.500	
$n_1 = 0.6 \cdot (1 - f_{ck}/250)$	(6.6N EC2)	$V =$	0.50	
		$f_{cd} =$	25.20	N/mm ²

Progetto Staffe emergenti

TAGLIO di seconda fase comb. ultima	$V_{Ed2} =$	72.04	kN
$V_{Edi} = \beta \cdot V_{Ed2} / (z \cdot b_i)$	(6.24 EC2)	$V_{Edi} =$	0.02 N/mm ²
$\beta =$ Rapporto tra contributo getto e trave	$\beta =$	0.644	cm
$b_i =$ larghezza superficie tra trave e getto	$b_i =$	250.00	cm
$V_{Rdi} = c \cdot f_{ctd}$ (SENZA STAFFE) (6.25 EC2)	$V_{Rdi} =$	0.42	N/mm ²
f_{ctd} CLS getto in opera	$f_{ctd} =$	10.57	N/mm ²
Superficie Trave-Getto Scabra $c = 0.40$			
essendo $V_{Rdi} > V_{Edi}$ senza tener conto di staffe sporgenti			
Non c'è bisogno di staffe sporgenti			

11) VERIFICHE A FLESSIONE E TAGLIO NELLE SEZIONI INIZIALI PRECOMPRESSE

Sezione 1 a metri .7 dal punto d' appoggio sinistro.

Momento dovuto al solo PP	$M_{pp} =$	103.32	kNm
SIGMA allo sbanco nei trefoli pretesi	$=$	1352.41	N/mm ²
Allo sbanco e con il solo peso della Trave. Calcolo a rottura per sollecitazione minima.			
Distanza da bordo inf. ultima dello Sforzo N	$D_{ul} =$	14.49	cm
Distanza da bordo inf. dello Sforzo N	$D_{ese} =$	31.36	cm
deve essere $D_{ese} \geq D_{ul}$			
Cadute di tensione Finali nei trefoli	$=$	198.79	N / mm ²
Sigma di precompressione finale nei trefoli		1153.63	N/mm ²
Sforzo di precompressione finale	$N_{sd} =$	1924.25	kN

10

A tempo infinito e con tutti i carichi permanenti :

M per peso proprio e carichi permanenti	Mpp =	141.65	kNm
Momento di Decompressione	Mde =	1015.34	kNm > 0 VERIFICATO
Momento di calcolo della Trave	MEd =	220.55	kNm
Momento Resistente	MRd =	2472.13	kNm

Deve essere MRd >= MEd

VERIFICA A TAGLIO

TAGLIO nella sezione in Comb. rara	Vsdo =	227.69	kN
Larghezza nel baricentro Trave	bw =	48.80	cm
TAGLIO di calcolo comb. ultima	VEd =	305.00	kN
TAGLIO PORTATO DA TRAVE SENZA BISOGNO STAFFE	Vrd =	1001.63	kN >= VEd

FORMULA UTILIZZATA : $0.7 \times bw \times d \times \sqrt{fctd^2 + 1 \times \sigma_{bar} \times fctd}$

Larghezza nel baricentro trave + getto		48.80	cm
Altezza trave + getto - 3		103.00	cm
Sigma nel baricentro trave + getto		2.71	N/mm ²
	fctd =	1.80	N/mm ²
Vrd > Taglio ultimo pongo minimo staffe	Area staffe/m =	6.00	cm ² /m

12) DEFORMABILITA' DELLA TRAVE

Le Frece sono calcolate nella sezione a m 11.40 dall' estremo sx della Trave

Altezza Trave = 100.00 cm

Frece provocate dalla storia di carico della Trave: + freccia verso il basso, - freccia verso l'alto

Luce di calcolo Frece	Lc =	22.60	m
Calcestruzzo allo sbanco	Rck' =	35.00	N/mm ²
E iniziale Teorica	E' =	32.590	kN/mm ²
Momento inerzia Trave	Ji =	5672755	cm ⁴
Freccia per precompressione	f1 =	-5.645	cm
Freccia per peso proprio trave	f2 =	2.487	cm
Freccia allo sbanco Totale f1+f2	fsba =	-3.158	cm

FRECCIA ISTANTANEA IN ESERCIZIO - Si considerano agenti tutti i carichi

Calcestruzzo allo stadio finale	Rck =	50.00	N/mm ²
E Teorica	E =	35.550	kN/mm ²
Momento inerzia Trave in mezzera	Jt =	5470941	cm ⁴
Momento inerzia Trave + getto in mezzera	Jg =	7238606	cm ⁴
Freccia per precompressione	f3 =	-5.366	cm
Freccia p.proprio+permanenti pienamente definiti	f4 =	3.022	cm
Freccia totale perm. pien. definiti f3+f4	fp =	-2.344	cm
Freccia permanenti non pienamente definiti	f5 =	0.166	cm
Freccia accidentali Qk1+psi02*Qk2	f6 =	0.398	cm
Freccia totale istantanea per tutti i carichi fp+f5+f6	ft =	-1.781	cm

FRECCIA IN ESERCIZIO A LUNGO TERMINE - Si considera la combinazione quasi permanente

Coeff. di Viscosità a tempo infinito	Fi(t,to) =	2.475	
--------------------------------------	------------	-------	--

11

Coefficiente di omog. E acciaio / E efficace		20.528	
Dove E efficace = E Teorica / [1 + Fi(t,to)] (7.20 EC2)		10.231	kN/mm ²
Momento inerzia Trave in mezzeria	Jf =	7049978	cm ⁴
Momento inerzia Trave + getto in mezzeria	Jfg =	9485065	cm ⁴
Freccia per precompressione	f3 =	-12.104	cm
Freccia p.proprio+permanenti pienamente definiti	f4 =	8.201	cm
Freccia totale a lungo term. perm. pien. definiti f3+f4	fdt =	-3.903	cm
Freccia permanenti non pienamente definiti	f5 =	0.442	cm
Freccia accidentali quasi perm. psi21*Qk1+psi22*Qk2	f6 =	0.000	cm
Limite deformazione	Lc/250 =	9.040	cm
Freccia totale quasi permanente lungo termine fdt+f5+f6	fqper =	-3.461	cm <= Lc/250 - VERIFICATO
Limite deformazione carichi successivi al getto	Lc/500 =	4.520	cm
Freccia quasi perm. lungo termine dopo il getto fqper-fp	fdg =	-1.117	cm <= Lc/500 - VERIFICATO

13) RIENTRO TREFOLI IN TESTATA TRAVE

Il rientro è calcolato con la formula EN 13369:2018 (E)

Posto fbpt = $3.2 \times 0.7 \times fctmj / \text{GammaC}$ (8.15 EC2)	=	4.54	N/mm ²
Lpt2= $1.2 \times Lpt = 1.2 \times 0.19 \times Dia \times \text{Sigmai}/fbpt$ (8.18 EC2)	=	762.46	mm
Rientro medio $0.4 \times Lpt2 \times \text{Sigmai} / Ep = DLo$	=	2.16	mm
Rientro max = $DLo \times 1.3$ (4.2.3.2.4 EN 13369)	=	2.80	mm

Fiorenzuola d'Arda, 15.05.2026

Il calcolatore delle strutture

(Ing. Paolo Manfredi)

