

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE
DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**DIREZIONE TECNICA - CENTRO DI PRODUZIONE DI MILANO
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO**

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE
PRG DI RHO**

OPERE DI SOSTEGNO SEDE FERROVIARIA E STRADALE

Relazione di calcolo opere di sostegno sede ferroviaria - PARTE 2

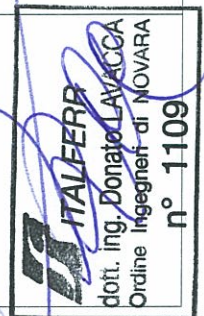
SCALA :

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

MDL1 11 D 26 CL RI 0005 002 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato / Data
A	Emissione Esecutiva	A. Di Fabio <i>A-D</i>	15.10.10	R. Borghi <i>RB</i>		S. Borelli <i>SB</i>		



File:MDL11D26CLR0005002A

n. Elab.:1

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	Normative di riferimento	4
3	Caratteristiche dei materiali	5
4	Descrizione delle opere	6
	P1 - Paratia sezioni 8	6
	Analisi agli elementi finiti	7
	Risultati dell'analisi.....	11
	P2 - Paratia sezione pk 1+027.34	14
	Analisi agli elementi finiti	15
	Risultati dell'analisi.....	15



1 PREMESSA

La presente relazione tratta delle opere di sostegno di linea presenti all'interno dell'intervento in oggetto

Le tipologie ricadenti in tale tratta risultano essere :

- P1 - paratia tipologica di pali ϕ 800 con h < 6.0m da pk 0+716.66 a pk 0+789.57
- P2 - paratia tipologica di pali ϕ 1000 con h > 7.0m da pk 0+751.10 a pk 1+017.18
- P2 - paratia tipologica di pali ϕ 1200 con h > 7.0m da pk 1+017.18 a pk 1+081.60

Le verifiche sono state condotte considerando le sezioni di massima altezza ed estese per sezioni con altezza minore.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALFERR OPERE DI SOSTEGNO SEDE FERROVIARIA RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGGIO 3di 18 A R10005002 D 26 CL MDL1
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALFERR POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA TRATTA RHO-GALLARATE PROGETTO DEFINITIVO	

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA TRATTA RHO-GALLARATE PROGETTO DEFINITIVO					
	OPERE DI SOSTEGNO SEDE FERROVIARIA RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO MDL1	LOTTO 11	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005002	REV. A

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

I calcoli sono svolti in ottemperanza alla Normativa vigente ed in particolare le procedure di verifica degli elementi strutturali si basano sul metodo delle tensioni ammissibili; per l'azione sismica si considera un grado di sismicità $S = 6$ in quanto le opere si trovava in zona non classificata sismica ed con la nuova mappatura sismica del territorio nazionale è stata classificata appartenere alla zona 4 ma in accordo con le normative ferroviarie è stato dimensionato assumendo un grado minimo di sismicità pari ad una zona 3

I principali riferimenti normativi risultano essere:


- L.1086 5/11/71 Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- D.M. 14 febbraio 1992 Norme tecniche l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- DM 09/01/96 Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- DM 16/01/96 Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- DM 16/01/96 Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Istruzione FF.SS. 44/b aggiornamento 16 dicembre 1997 - Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica
- Istruzione FF.SS. I/SC/PS-OM/2298 aggiornamento 13 gennaio 1997: Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo.

Riferimenti

Rif. Profilo geotecnico MDL11D26F5GE0005001

Rif. Relazione geotecnica MDL11D26RBGE0005001

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA TRATTA RHO-GALLARATE PROGETTO DEFINITIVO	
	OPERE DI SOSTEGNO SEDE FERROVIARIA RELAZIONE DI CALCOLO
PROGETTO MDL1	LOTTO 11
CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO R10005002
REV. FOGGIO A Sdi 18	

CALCESTRUZZO PALI E CORDOLI (Rck30MPa) ai soli fini delle verifiche strutturali si pone

TIPO C20/25

Rck 25 N/mm²

Ec = 2.85e7 kN/m²

σc = 8.5 MPa

ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Feb44 k

fyk = 430 N/mm²

Es = 20000 N/mm²

σs = 255 MPa

in aggiunta e in accordo con [7] p.to 2.2.2.g, si adottano le seguenti limitazioni sui tassi di lavoro in funzione del diametro delle barre:

φmax 20 ⇒ σmax 220 MPa

φmax 24 ⇒ σmax 190 MPa

φmax 30 ⇒ σmax 160 MPa

4 DESCRIZIONE DELLE OPERE

P1 - Paratia da pk 0+716.66 a pk 0+789.57

La paratia "interna", posta tra i binari pari e dispari della linea per Novara, ha uno sviluppo planimetrico di 76 m e presenta altezza variabile da 13m fino ad un massimo di 15m. l'opera risulta di sostegno alla binario esistente della linea che risulta posto ad una distanza variabile da 3m a 7m rispetto all'asse della palificata. Le sezioni rappresentative dell'opera risultano essere le sezioni 8 (paratia P1), 9 e 10 (paratia P2). In funzione dell'altezza dello scavo sono stati differenziati i diametri dei pali usati, pari a 800 mm per l'altezza massima di 5,1 m (paratia P1) e di 1000 – 1200 mm per l'altezza massima di 6.5 m (paratia P2).

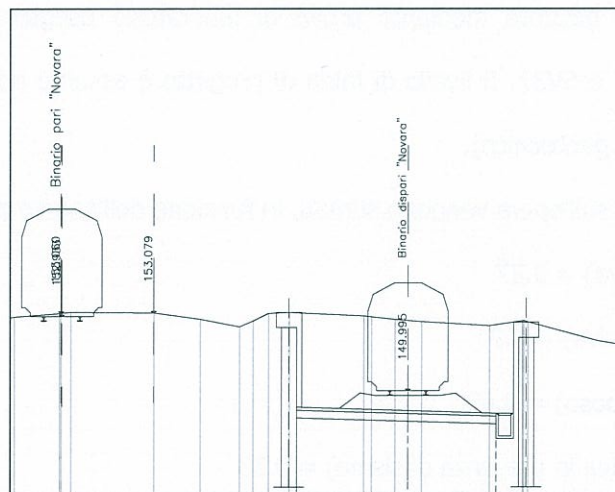


Figura 1 – sezione 8 – massima altezza di scavo

Le principali caratteristiche geometriche dei pali utilizzati per la paratia P1 sono riassunte nella tabella 1

Tabella 1 – Caratteristiche geometriche dei pali

Sezione di calcolo	Diametro (mm)	Lunghezza (m)	Interasse (m)	Paratia
8	800	15	1.0	P1

Le verifiche della paratia sono state effettuate mediante il codice di calcolo agli elementi finiti PARATIE -

Analisi agli elementi finiti

K_{a1} (coefficiente di spinta attiva in presenza di sisma) = 0.33

K_0 (coefficiente di spinta a riposo) = 0.43

K_p (coefficiente di spinta passiva) = 3.7

K_a (coefficiente di spinta attiva) = 0.27


Per quanto riguarda la spinta sull'opera vengono stimati, in funzione dell'angolo d'attrito, come segue piano campagna (vedi profilo geotecnico).
Tali caratteristiche vengono desunte mediante prove di laboratorio eseguite su campioni prelevati nei sondaggi di riferimento SA03 e SV37. Il livello di falda di progetto è assunto ad una quota pari a 7,5 m dal

	γ	c'	ϕ'	E_u
Ghiaie sabbiose	19 (kN/m ³)	0 (kN/m ³)	35 (°)	40 (MPa)

Tabella 2 - Principali caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dall'opera

I terreni interessati dall'opera in oggetto sono Ghiaia sabbiosa di colore marrone (GS), con presenza di clasti integri da arrotondati a sub angolari. Localmente si rinvencono lenti di sabbia ghiaiosa SG. A tratti è intercalata a ghiaia in matrice sabbiosa (G). Locale presenza di elementi di dimensioni maggiori di 60 mm. Le cui caratteristiche meccaniche, usate nell'implementazione del modello, sono riassunte in tabella 2

Caratterizzazione geotecnica

	OPERE DI SOSTEGNO SEDE FERROVIARIA RELAZIONE DI CALCOLO	
	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA TRATTA RHO-GALLARATE PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO

La paratia viene schematizzata mediante elementi finiti di tipo trave, definiti nel piano da un nodo iniziale ed uno finale e dalle caratteristiche inerziali della sezione trasversale rettangolare equivalente. Ogni nodo dell'elemento possiede due gradi di libertà: la traslazione in direzione orizzontale e la rotazione intorno ad un asse ortogonale al piano di riferimento.


Il terreno è simulato mediante elementi monodimensionali tipo molla, connessi alla paratia in ogni suo nodo. Il comportamento meccanico della molla è di tipo elasto-plastico: essa reagisce elasticamente fino ai valori limiti dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del verso dello spostamento, alla pressione attiva o rispettivamente passiva del terreno.

In base alle componenti di sforzo efficace verticali ed orizzontali, si definisce per ciascuna profondità una funzione di plasticità, che a sua volta definisce lo stato nel quale si trova l'elemento che schematizza il terreno. In particolare sono possibili due stati distinti: una prima fase elastica, nella quale il terreno ha comportamento perfettamente elastico ed una fase plastica, in cui il terreno è sottoposto ad uno stato di sollecitazione non più compatibile con la resistenza a rottura. Il criterio di resistenza adottato è quello di Mohr-Coulomb.

La deformabilità della molla risulta funzione dello stato tensionale cui risulta sottoposta: quando si trova in campo elastico essa è interamente definita dall'espressione della rigidità della molla: $K = E \cdot \Delta / L$. Nell'espressione E è il modulo di elasticità del terreno, L la lunghezza della molla e Δ l'interasse tra le singole molle.

La lunghezza della molla L è variabile in funzione delle dimensioni della zona di terreno coinvolta nel movimento, in condizioni sia di spinta attiva sia di spinta passiva.

Lo stato tensionale iniziale della molla, nelle condizioni precedenti alle operazioni di scavo e/o all'applicazione di qualsiasi azione esterna sulla paratia, è funzione della tensione verticale litostatica secondo il coefficiente di spinta a riposo k_0 attraverso la relazione $\sigma'_h = k_0 \sigma'_v$.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALFERR	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA TRATTA RHO-GALLARATE PROGETTO DEFINITIVO
	OPERE DI SOSTEGNO SEDE FERROVIARIA RELAZIONE DI CALCOLO
PROGETTO MDL1 LOTTO 11 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO R10005002 REV. FOGGIO A 9di 18	

Nelle condizioni successive alle operazioni di scavo, o all'applicazione di azioni esterne sulla struttura, le reazioni offerte dalla molla si incrementano o diminuiscono (a seconda del verso della deformazione) raggiungendo al limite le tensioni corrispondenti alle condizioni di spinta attiva o passiva, rispettivamente per decrementi o incrementi di tensione.

Per la valutazione del k_0 si utilizza l'espressione: $k_0 = 1 - \text{sen}\phi$;

Per i coefficienti di spinta attiva e passiva k_a e k_p sono state utilizzate le espressioni fornite da Caquot e Kerisel, ipotizzando un angolo di attrito tra terreno e struttura pari a 0.6ϕ , come previsto dalle normative ferroviarie. Il coefficiente di sicurezza viene definito in termini di rapporto tra la spinta passiva massima e la spinta passiva effettivamente mobilitata nel tratto di paratia infisso. Per opere provvisoriai viene considerato accettabile un valore di tale rapporto superiore a 1.5; per opere di tipo permanente un valore superiore a 2.

Le principali caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali utilizzate nelle verifiche di stabilità sono riportate in

nello schema seguente.

Per il dimensionamento della paratia si è considerata l'azione del carico ferroviario. Tale azione è stata schematizzata tramite un carico nastroforme, per quanto riguarda il carico di monte, come un sovraccarico pari 54.4 kPa determinato come segue:

carico permanente ballast più traversa 14.4 kN/mq

carico accidentale ferroviario 40kN/mq

in fase statica

carico accidentale ferroviario 20 kN/mq in fase sismica

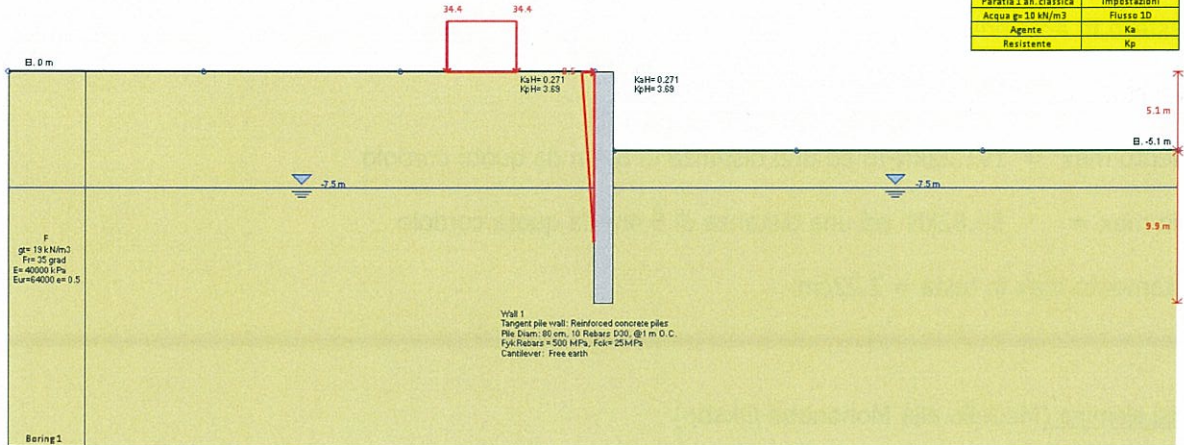
sovraccarico fase statica 54.4 kN/mq


sovraccarico in fase sismica 34.4 kN/mq

Nello schema seguente vengono sintetizzate le condizioni geometriche a base dell'analisi

Base model

Codice CA:	EC2-2004
Codice Acciaio:	EC3 2005
Non lineare	Impostazioni: ESP
Cond. Argille	Default
Acqua $\rho = 10 \text{ kN/m}^3$	Flusso 1D
Metodo carico Paratie	Beta=45 deg
Agente Ka	Rankine (Coul. $\phi=0$)
Resistente Kp	Rankine (Coul. $\phi=0$)
Paratia 1 an. classica	Impostazioni
Acqua $\rho = 10 \text{ kN/m}^3$	Flusso 1D
Agente	Ka
Resistente	Kp



 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALFERR	OPERE DI SOSTEGNO SEDE FERROVIARIA RELAZIONE DI CALCOLO
	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA TRATTA RHO-GALLARATE PROGETTO DEFINITIVO
PROGETTO MDL1	LOTTO 11
CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO R10005002
REV. FOGLIO A 11di 18	

Risultati dell'analisi

Di seguito sono riassunti i risultati delle analisi in termini di valori massimi. I tabulati di calcolo sono esposti

per esteso in Appendice.

Analisi statica

Momento max = 191.22kN-m ad una distanza di 8,4m da quota cordolo

Taglio max = 54.82kN ad una distanza di 5,4m da quota cordolo

Spostamento max in testa = 2.22cm

Analisi sismica (Modello alla Mononobe-Okabe)

Momento max = 354kN-m ad una distanza di 8,4m da quota cordolo

Taglio max = 88.31 kN ad una distanza di 5,4m da quota cordolo

Spostamento max in testa = 4.35cm

Verifica cedimenti ammissibili sotto binario

Il cedimento differenziale sotto binario si assesta al valore di 6.5 mm

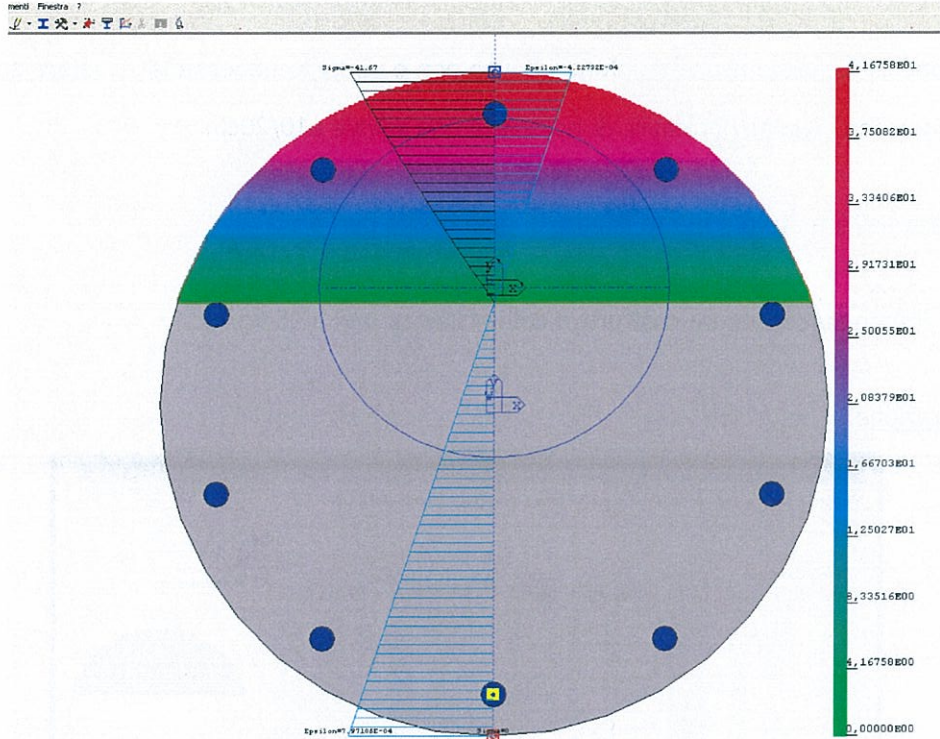
Il cedimento differenziale sottobinario si assesta al valore di 8.8 mm

VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO

Il palo $\phi 800$ è armato con 16 $\phi 30$ La verifica a flessione denuncia i seguenti tassi di lavoro nei materiali

M [kNm]	354
T [kN]	88
δ [cm]	4.35

Tabella 3 – Sollecitazioni massime sul singolo palo della paratia



Le tensioni massime previste nella sezione risultano pertanto pari a:

$$\sigma_{c \max} = 6.4 \text{ MPa inferiore della } \sigma_{c \text{ amm}} 8.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s \max} = 156 \text{ MPa inferiore della } \sigma_{s \text{ amm}} 255 \text{ MPa}$$

Verifica a taglio sezione circolare

Verifica in base alla teoria approssimata del taglio:


Tmax =	88,00	KN
ϕ =	0,80	m
Acls =	502400,00	mm ²
n =	15,00	

n° 1°strato =	8	ϕ =	30
As =	5652,00	mm ²	
n° 2°strato =	8	ϕ =	30
As =	5652,00	mm ²	

Aom =	671960,00	mm ²	Area omogeneizzata
-------	-----------	-----------------	--------------------

$\tau_{\max} = 4T/3A_{om} =$	0,17	N/mm ²	cls Rck =	30	N/mm ²
			t co =	0,6	0,67

tmax < tc0 VERIFICA OK

	OPERE DI SOSTEGNO SEDE FERROVIARIA RELAZIONE DI CALCOLO	
	PROGETTO MDL1	LOTTO 11
POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA TRATTA RHO-GALLARATE PROGETTO DEFINITIVO	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO R10005002
	REV. FOGLIO A 13di 18	

I valori di tensione tangenziale risultano inferiori a τ_{co} con β pertanto necessaria armatura specifica a taglio. Si prevede, in linea con i minimi normativi. Si posiziona una spirale $\phi 10/20\text{cm}$

Con ciò l'incidenza dell'armatura a metro lineare di palo risulta pari a :

65 kg/ml

Per il cordolo si dispone un'armatura costruttiva con incidenza pari a 45 kg/mc.

Verifica a fessurazione

Verifica a fessurazione per sezioni in c.a. di forma qualsiasi, secondo EUROCODICE 2

Sezione in calcestruzzo: x (cm) y (cm)

Armature: n barre ϕ (mm) A_s (cm²) d_a (cm) ρ (%) ρ_2 (%) ρ_1 (%) ρ_{min} (%) ρ_{max} (%)

1	1	30	7.07	34.0	0.0	34.0	0.0	34.0	0.0
2	1	30	7.07	31.4	13.0	31.4	13.0	31.4	13.0
3	1	30	7.07	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
4	1	30	7.07	0.0	34.0	0.0	34.0	0.0	34.0
5	1	30	7.07	0.0	34.0	0.0	34.0	0.0	34.0
6	1	30	7.07	13.0	31.4	13.0	31.4	13.0	31.4
7	1	30	7.07	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
8	1	30	7.07	34.0	0.0	34.0	0.0	34.0	0.0
9	1	30	7.07	34.0	0.0	34.0	0.0	34.0	0.0
10	1	30	7.07	31.4	13.0	31.4	13.0	31.4	13.0
11	1	30	7.07	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
12	1	30	7.07	0.0	34.0	0.0	34.0	0.0	34.0
13	1	30	7.07	0.0	34.0	0.0	34.0	0.0	34.0
14	1	30	7.07	13.0	31.4	13.0	31.4	13.0	31.4
15	1	30	7.07	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
16	1	30	7.07	34.0	0.0	34.0	0.0	34.0	0.0

Informazione media: f_{cm} (N/mm²) E_s (N/mm²) σ_{st} (N/mm²) σ_{st}^2 (N/mm²) σ_{s1} (N/mm²) σ_{s2} (N/mm²) β_1 β_2 β_3 β_4 β_5 β_6 β_7 β_8 β_9 β_{10} β_{11} β_{12} β_{13} β_{14} β_{15} β_{16} β_{17} β_{18} β_{19} β_{20} β_{21} β_{22} β_{23} β_{24} β_{25} β_{26} β_{27} β_{28} β_{29} β_{30} β_{31} β_{32} β_{33} β_{34} β_{35} β_{36} β_{37} β_{38} β_{39} β_{40} β_{41} β_{42} β_{43} β_{44} β_{45} β_{46} β_{47} β_{48} β_{49} β_{50} β_{51} β_{52} β_{53} β_{54} β_{55} β_{56} β_{57} β_{58} β_{59} β_{60} β_{61} β_{62} β_{63} β_{64} β_{65} β_{66} β_{67} β_{68} β_{69} β_{70} β_{71} β_{72} β_{73} β_{74} β_{75} β_{76} β_{77} β_{78} β_{79} β_{80} β_{81} β_{82} β_{83} β_{84} β_{85} β_{86} β_{87} β_{88} β_{89} β_{90} β_{91} β_{92} β_{93} β_{94} β_{95} β_{96} β_{97} β_{98} β_{99} β_{100}

Caratteristiche della sollecitazione: N (kN) M_x (kNm) M_y (kNm)

Flessione retta: ρ (%) ρ_1 (%) ρ_2 (%) ρ_{min} (%) ρ_{max} (%)

Apertura lesure: w_m (mm) β w_k (mm)

Verifica: σ_{s1} (N/mm²) σ_{s2} (N/mm²) σ_{s3} (N/mm²) σ_{s4} (N/mm²) σ_{s5} (N/mm²) σ_{s6} (N/mm²) σ_{s7} (N/mm²) σ_{s8} (N/mm²) σ_{s9} (N/mm²) σ_{s10} (N/mm²) σ_{s11} (N/mm²) σ_{s12} (N/mm²) σ_{s13} (N/mm²) σ_{s14} (N/mm²) σ_{s15} (N/mm²) σ_{s16} (N/mm²) σ_{s17} (N/mm²) σ_{s18} (N/mm²) σ_{s19} (N/mm²) σ_{s20} (N/mm²) σ_{s21} (N/mm²) σ_{s22} (N/mm²) σ_{s23} (N/mm²) σ_{s24} (N/mm²) σ_{s25} (N/mm²) σ_{s26} (N/mm²) σ_{s27} (N/mm²) σ_{s28} (N/mm²) σ_{s29} (N/mm²) σ_{s30} (N/mm²) σ_{s31} (N/mm²) σ_{s32} (N/mm²) σ_{s33} (N/mm²) σ_{s34} (N/mm²) σ_{s35} (N/mm²) σ_{s36} (N/mm²) σ_{s37} (N/mm²) σ_{s38} (N/mm²) σ_{s39} (N/mm²) σ_{s40} (N/mm²) σ_{s41} (N/mm²) σ_{s42} (N/mm²) σ_{s43} (N/mm²) σ_{s44} (N/mm²) σ_{s45} (N/mm²) σ_{s46} (N/mm²) σ_{s47} (N/mm²) σ_{s48} (N/mm²) σ_{s49} (N/mm²) σ_{s50} (N/mm²) σ_{s51} (N/mm²) σ_{s52} (N/mm²) σ_{s53} (N/mm²) σ_{s54} (N/mm²) σ_{s55} (N/mm²) σ_{s56} (N/mm²) σ_{s57} (N/mm²) σ_{s58} (N/mm²) σ_{s59} (N/mm²) σ_{s60} (N/mm²) σ_{s61} (N/mm²) σ_{s62} (N/mm²) σ_{s63} (N/mm²) σ_{s64} (N/mm²) σ_{s65} (N/mm²) σ_{s66} (N/mm²) σ_{s67} (N/mm²) σ_{s68} (N/mm²) σ_{s69} (N/mm²) σ_{s70} (N/mm²) σ_{s71} (N/mm²) σ_{s72} (N/mm²) σ_{s73} (N/mm²) σ_{s74} (N/mm²) σ_{s75} (N/mm²) σ_{s76} (N/mm²) σ_{s77} (N/mm²) σ_{s78} (N/mm²) σ_{s79} (N/mm²) σ_{s80} (N/mm²) σ_{s81} (N/mm²) σ_{s82} (N/mm²) σ_{s83} (N/mm²) σ_{s84} (N/mm²) σ_{s85} (N/mm²) σ_{s86} (N/mm²) σ_{s87} (N/mm²) σ_{s88} (N/mm²) σ_{s89} (N/mm²) σ_{s90} (N/mm²) σ_{s91} (N/mm²) σ_{s92} (N/mm²) σ_{s93} (N/mm²) σ_{s94} (N/mm²) σ_{s95} (N/mm²) σ_{s96} (N/mm²) σ_{s97} (N/mm²) σ_{s98} (N/mm²) σ_{s99} (N/mm²) σ_{s100} (N/mm²)

Barre ad aderenza migliorata: k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 k_7 k_8 k_9 k_{10} k_{11} k_{12} k_{13} k_{14} k_{15} k_{16} k_{17} k_{18} k_{19} k_{20} k_{21} k_{22} k_{23} k_{24} k_{25} k_{26} k_{27} k_{28} k_{29} k_{30} k_{31} k_{32} k_{33} k_{34} k_{35} k_{36} k_{37} k_{38} k_{39} k_{40} k_{41} k_{42} k_{43} k_{44} k_{45} k_{46} k_{47} k_{48} k_{49} k_{50} k_{51} k_{52} k_{53} k_{54} k_{55} k_{56} k_{57} k_{58} k_{59} k_{60} k_{61} k_{62} k_{63} k_{64} k_{65} k_{66} k_{67} k_{68} k_{69} k_{70} k_{71} k_{72} k_{73} k_{74} k_{75} k_{76} k_{77} k_{78} k_{79} k_{80} k_{81} k_{82} k_{83} k_{84} k_{85} k_{86} k_{87} k_{88} k_{89} k_{90} k_{91} k_{92} k_{93} k_{94} k_{95} k_{96} k_{97} k_{98} k_{99} k_{100}

Carico di lunga durata o molti cicli di carichi ripetuti: β_1 β_2 β_3 β_4 β_5 β_6 β_7 β_8 β_9 β_{10} β_{11} β_{12} β_{13} β_{14} β_{15} β_{16} β_{17} β_{18} β_{19} β_{20} β_{21} β_{22} β_{23} β_{24} β_{25} β_{26} β_{27} β_{28} β_{29} β_{30} β_{31} β_{32} β_{33} β_{34} β_{35} β_{36} β_{37} β_{38} β_{39} β_{40} β_{41} β_{42} β_{43} β_{44} β_{45} β_{46} β_{47} β_{48} β_{49} β_{50} β_{51} β_{52} β_{53} β_{54} β_{55} β_{56} β_{57} β_{58} β_{59} β_{60} β_{61} β_{62} β_{63} β_{64} β_{65} β_{66} β_{67} β_{68} β_{69} β_{70} β_{71} β_{72} β_{73} β_{74} β_{75} β_{76} β_{77} β_{78} β_{79} β_{80} β_{81} β_{82} β_{83} β_{84} β_{85} β_{86} β_{87} β_{88} β_{89} β_{90} β_{91} β_{92} β_{93} β_{94} β_{95} β_{96} β_{97} β_{98} β_{99} β_{100}

Barre ad aderenza migliorata: k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 k_7 k_8 k_9 k_{10} k_{11} k_{12} k_{13} k_{14} k_{15} k_{16} k_{17} k_{18} k_{19} k_{20} k_{21} k_{22} k_{23} k_{24} k_{25} k_{26} k_{27} k_{28} k_{29} k_{30} k_{31} k_{32} k_{33} k_{34} k_{35} k_{36} k_{37} k_{38} k_{39} k_{40} k_{41} k_{42} k_{43} k_{44} k_{45} k_{46} k_{47} k_{48} k_{49} k_{50} k_{51} k_{52} k_{53} k_{54} k_{55} k_{56} k_{57} k_{58} k_{59} k_{60} k_{61} k_{62} k_{63} k_{64} k_{65} k_{66} k_{67} k_{68} k_{69} k_{70} k_{71} k_{72} k_{73} k_{74} k_{75} k_{76} k_{77} k_{78} k_{79} k_{80} k_{81} k_{82} k_{83} k_{84} k_{85} k_{86} k_{87} k_{88} k_{89} k_{90} k_{91} k_{92} k_{93} k_{94} k_{95} k_{96} k_{97} k_{98} k_{99} k_{100}

Carico di lunga durata o molti cicli di carichi ripetuti: β_1 β_2 β_3 β_4 β_5 β_6 β_7 β_8 β_9 β_{10} β_{11} β_{12} β_{13} β_{14} β_{15} β_{16} β_{17} β_{18} β_{19} β_{20} β_{21} β_{22} β_{23} β_{24} β_{25} β_{26} β_{27} β_{28} β_{29} β_{30} β_{31} β_{32} β_{33} β_{34} β_{35} β_{36} β_{37} β_{38} β_{39} β_{40} β_{41} β_{42} β_{43} β_{44} β_{45} β_{46} β_{47} β_{48} β_{49} β_{50} β_{51} β_{52} β_{53} β_{54} β_{55} β_{56} β_{57} β_{58} β_{59} β_{60} β_{61} β_{62} β_{63} β_{64} β_{65} β_{66} β_{67} β_{68} β_{69} β_{70} β_{71} β_{72} β_{73} β_{74} β_{75} β_{76} β_{77} β_{78} β_{79} β_{80} β_{81} β_{82} β_{83} β_{84} β_{85} β_{86} β_{87} β_{88} β_{89} β_{90} β_{91} β_{92} β_{93} β_{94} β_{95} β_{96} β_{97} β_{98} β_{99} β_{100}

Barre ad aderenza migliorata: k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 k_7 k_8 k_9 k_{10} k_{11} k_{12} k_{13} k_{14} k_{15} k_{16} k_{17} k_{18} k_{19} k_{20} k_{21} k_{22} k_{23} k_{24} k_{25} k_{26} k_{27} k_{28} k_{29} k_{30} k_{31} k_{32} k_{33} k_{34} k_{35} k_{36} k_{37} k_{38} k_{39} k_{40} k_{41} k_{42} k_{43} k_{44} k_{45} k_{46} k_{47} k_{48} k_{49} k_{50} k_{51} k_{52} k_{53} k_{54} k_{55} k_{56} k_{57} k_{58} k_{59} k_{60} k_{61} k_{62} k_{63} k_{64} k_{65} k_{66} k_{67} k_{68} k_{69} k_{70} k_{71} k_{72} k_{73} k_{74} k_{75} k_{76} k_{77} k_{78} k_{79} k_{80} k_{81} k_{82} k_{83} k_{84} k_{85} k_{86} k_{87} k_{88} k_{89} k_{90} k_{91} k_{92} k_{93} k_{94} k_{95} k_{96} k_{97} k_{98} k_{99} k_{100}

Carico di lunga durata o molti cicli di carichi ripetuti: β_1 β_2 β_3 β_4 β_5 β_6 β_7 β_8 β_9 β_{10} β_{11} β_{12} β_{13} β_{14} β_{15} β_{16} β_{17} β_{18} β_{19} β_{20} β_{21} β_{22} β_{23} β_{24} β_{25} β_{26} β_{27} β_{28} β_{29} β_{30} β_{31} β_{32} β_{33} β_{34} β_{35} β_{36} β_{37} β_{38} β_{39} β_{40} β_{41} β_{42} β_{43} β_{44} β_{45} β_{46} β_{47} β_{48} β_{49} β_{50} β_{51} β_{52} β_{53} β_{54} β_{55} β_{56} β_{57} β_{58} β_{59} β_{60} β_{61} β_{62} β_{63} β_{64} β_{65} β_{66} β_{67} β_{68} β_{69} β_{70} β_{71} β_{72} β_{73} β_{74} β_{75} β_{76} β_{77} β_{78} β_{79} β_{80} β_{81} β_{82} β_{83} β_{84} β_{85} β_{86} β_{87} β_{88} β_{89} β_{90} β_{91} β_{92} β_{93} β_{94} β_{95} β_{96} β_{97} β_{98} β_{99} β_{100}

Barre ad aderenza migliorata: k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 k_7 k_8 k_9 k_{10} k_{11} k_{12} k_{13} k_{14} k_{15} k_{16} k_{17} k_{18} k_{19} k_{20} k_{21} k_{22} k_{23} k_{24} k_{25} k_{26} k_{27} k_{28} k_{29} k_{30} k_{31} k_{32} k_{33} k_{34} k_{35} k_{36} k_{37} k_{38} k_{39} k_{40} k_{41} k_{42} k_{43} k_{44} k_{45} k_{46} k_{47} k_{48} k_{49} k_{50} k_{51} k_{52} k_{53} k_{54} k_{55} k_{56} k_{57} k_{58} k_{59} k_{60} k_{61} k_{62} k_{63} k_{64} k_{65} k_{66} k_{67} k_{68} k_{69} k_{70} k_{71} k_{72} k_{73} k_{74} k_{75} k_{76} k_{77} k_{78} k_{79} k_{80} k_{81} k_{82} k_{83} k_{84} k_{85} k_{86} k_{87} k_{88} k_{89} k_{90} k_{91} k_{92} k_{93} k_{94} k_{95} k_{96} k_{97} k_{98} k_{99} k_{100}

Carico di lunga durata o molti cicli di carichi ripetuti: β_1 β_2 β_3 β_4 β_5

P2 - Paratia da pk 0+751.10 a pk 1+081.60

La paratia esterna, rispetto al binario dispari (vedi fig. 3), è stata dimensionata per un'altezza di scavo di 6,5 m.

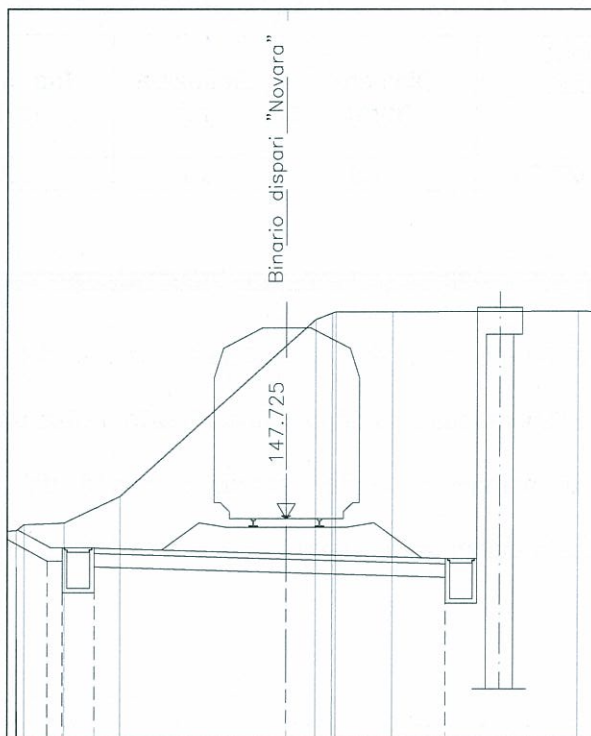


Figura 1 - sezione 10

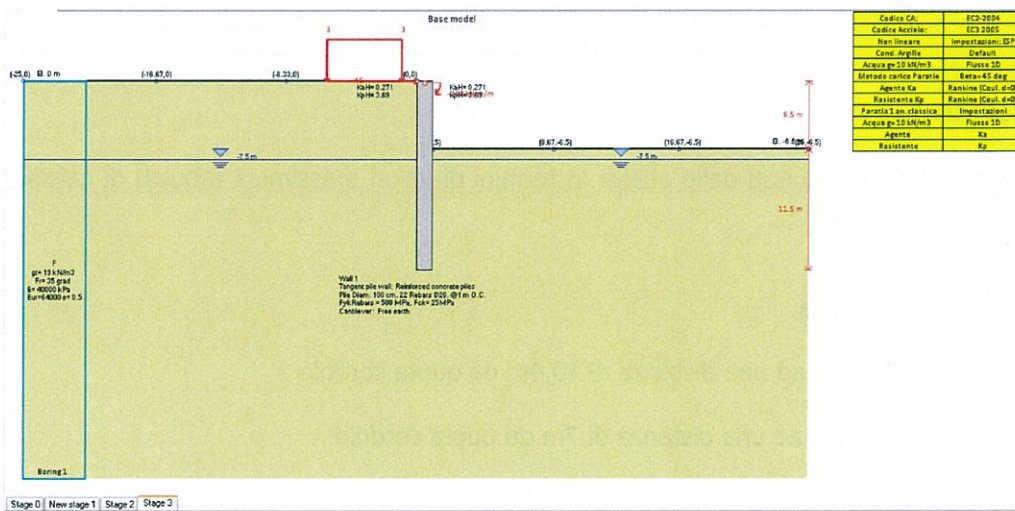



Figura 4

	OPERE DI SOSTEGNO SEDE FERROVIARIA RELAZIONE DI CALCOLO					
	POTenziamento della Linea Rho-Arona TRATTA RHO-GALLARATE PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO MDL1	LOTTO 11	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005002	REV. FOGGIO A

Le principali caratteristiche geometriche e tecniche dei pali utilizzati per la paratia P2 sono riassunte nella tabella 4, mentre le caratteristiche dei terreni sono riassunte in tabella 2.

Tabella 4 - - Caratteristiche geometriche dei pali della paratia "esterna"

Sezione di calcolo	1+027.34	1200	18	1.2
Diametro (mm)			Lunghezza (m)	Interasse (m)

Analisi agli elementi finiti

Per il dimensionamento della paratia non si è considerata l'azione del carico ferroviario, in quanto stabilizzante. Dal momento che l'opera interessa un capannone posto a circa un metro dal paramento esterno della paratia si è ritenuto di portare in conto l'azione esercitata dal peso proprio della struttura opportunamente amplificata e pari quindi 3kPa. Vengono poi schematizzate le azioni esercitate dalla barriera antirumore.

Soilicitazioni	N(kN)	V(kN)	M(kNm)
PPBVPSP_V200 Combination	-50	13,17	34,76

Soilicitazioni scaricate dalla barriera

Risultati dell'analisi

Di seguito sono riassunti i risultati delle analisi in termini di valori massimi. I tabulati di calcolo sono esposti per esteso in Appendice.

Combinazione 1 - Fase statica

Momento max = 484.7 kN-m ad una distanza di 10,4m da quota cordolo

Taglio max = 111.76 kN ad una distanza di 7m da quota cordolo

Spostamento max in testa = 2.7 cm

Tabella 4 Tabella 5 - Soilicitazioni massime sul singolo palo della paratia

M [kNm]	413.15
T [kN]	96.16

δ [cm]	2.7
---------------	-----

Combinazione 2 – Fase sismica (Modello alla Mononobe-Okabe)

Momento max = 894.75 kN-m ad una distanza di 10,4m da quota cordolo

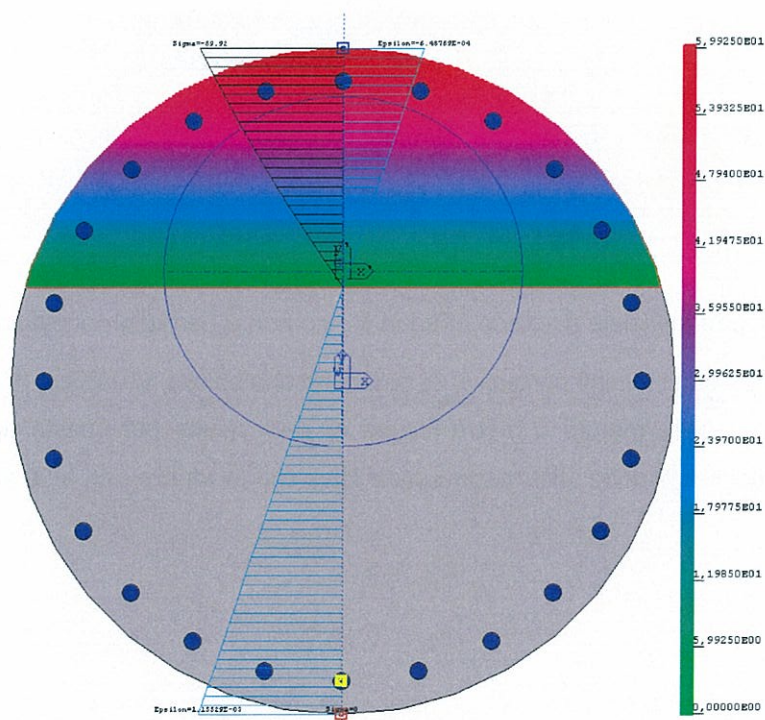
Taglio max = 190.4 kN ad una distanza di 7m da quota cordolo

Spostamento max in testa = 5.9 cm

Tabella 5 Tabella 6 – Sollecitazioni massime sul singolo palo della paratia

M [kNm]	894
T [kN]	190.4
δ [cm]	5.9


La seconda condizione risulta dimensionante



I valori di tensione tangenziale risultano inferiori a τ_{co} non è pertanto necessaria armatura specifica a taglio. Si prevede, in linea con i minimi normativi. Si posiziona una spirale $\phi 10/20\text{cm}$ con ciò l'incidenza dell'armatura a metro lineare di palo, risulta per questa tipologia di paratia pari a 100 kg/ml. Per il cordolo si dispone un'armatura costruttiva con incidenza pari a 50 kg/mc.

VERIFICA		OK	
Verifica a taglio sezione circolare			
$T_{max} =$	194,00	KN	
$\phi =$	1,20	m	
$A_{cl} =$	1130400,00	mm ²	
$n =$	15,00		
$n^{\circ} 1^{\circ} \text{strato} =$	13	$\phi =$	30
$A_s =$	9184,50	mm ²	
$n^{\circ} 2^{\circ} \text{strato} =$	13	$\phi =$	30
$A_s =$	9184,50	mm ²	
$A_{om} =$	1405935,00	mm ²	Area omogeneizzata
$t_{max} = 4T/3A_{om} =$	0,18	N/mm ²	
$\tau_{co} =$			35
			0,67
			0,6
			30
			0,67

Le tensioni massime previste nella sezione risultano pertanto pari a:
 $\sigma_{c\text{amm}}^{max} = 5,5 \text{ MPa}$ inferiore della $\sigma_{c\text{amm}}$ 8,5 MPa
 $\sigma_{s\text{amm}}^{max} = 153 \text{ MPa}$ inferiore della $\sigma_{s\text{amm}}$ 255 MPa
 Il palo è armato con 26 ϕ 30 correnti.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALFERR	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA TRATTA RHO-GALLARATE PROGETTO DEFINITIVO
	OPERE DI SOSTEGNO SEDE FERROVIARIA RELAZIONE DI CALCOLO
PROGETTO MDL1 LOTTO 11 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO R10005002 REV. A FOGLIO 17di 18	

Verifica a fessurazione

CemArm: Verifica a fessurazione

Verifica a fessurazione per sezioni in c.a. di forma qualsiasi, secondo EUROCODICE 2

Titolo lavoro: _____

Caratteristiche della sollecitazione
 $N = 0$ kN
 $M_x = 894$ kNm
 $M_y = 0$ kNm
 Flessione retta

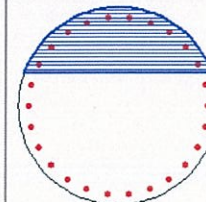
GEOMETRIA DELLA SEZIONE

Sezione in calcestruzzo

Ver. N°	x (cm)	y (cm)
1	-60.0	0.0
10	-50.7	32.1
19	-25.5	54.3
28	7.5	59.5
37	38.2	46.2
46	57.1	18.5
55	58.1	-14.9
64	41.1	-43.7
73	11.2	-58.9
82	-22.1	-55.8
91	-48.5	-35.3
100	-59.9	-3.8

Armature

Gr. N°	n° barre	Ø (mm)	As (cm²)	da	x1 (cm)	y1 (cm)	a	x2 (cm)	y2 (cm)
1	1	30	7.07		54.0	0.0		54.0	0.0
3	1	30	7.07		47.8	25.1		47.8	25.1
5	1	30	7.07		30.7	44.4		30.7	44.4
7	1	30	7.07		6.5	53.6		6.5	53.6
10	1	30	7.07		-30.7	44.4		-30.7	44.4
12	1	30	7.07		-47.8	25.1		-47.8	25.1
14	1	30	7.07		-54.0	0.0		-54.0	0.0
16	1	30	7.07		-47.8	-25.1		-47.8	-25.1
19	1	30	7.07		-19.1	-50.5		-19.1	-50.5
21	1	30	7.07		6.5	-53.6		6.5	-53.6
23	1	30	7.07		30.7	-44.4		30.7	-44.4
26	1	30	7.07		52.4	-12.9		52.4	-12.9



Deformazione media

$f_{ctm} = 2.56$ N/mm² $E_c = 200000.00$ N/mm²
 $\sigma_{sr} = 154.22$ N/mm² $\sigma_{sr} = 104.60$ N/mm²

$\beta_1 = 1.0$ Barre ad aderenza migliorata
 $\beta_2 = 0.5$ Carico di lunga durata o molti cicli di carichi ripetuti

$\epsilon_{sm} = 0.59$ ‰

Distanza media fra le fessure

$A_s = 56.55$ cm² $A_{c,eff} = 1866.14$ cm²
 $\rho_t = 0.03$ $\phi = 30.00$ mm

$k_1 = 0.8$ Barre ad aderenza migliorata
 $k_2 = 0.50$

$s_{rm} = 149.00$ mm

Apertura fessure

$w_m = 0.09$ mm
 $\beta = 1.70$
 $w_k = 0.150$ mm

Verifica
Stampa
Esci

W=0.15 mm pari al limite normativo (W=0.15mm)

