

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

**LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA**

**Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**PONTI E VIADOTTI**

**Ponte sul deviatore del canale Dugale da pk 16+496.10 a pk 16+518.10**

**SPALLE**

**Nota di calcolo - Allegato 2 alla proposta di risoluzione NC GC1069**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data:			
Ing. Giovanni MALAYENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503 Data:				

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    Progr.    REV.    FOGLIO

I	N	1	7	1	2	E	I	2	C	L	V	I	0	4	0	6	0	0	4	B	-	-	-	D	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Ing. Alberto LEVORATO	Data

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	E.d.in	Sett.22	M.Proietti	Sett.22	G.Grimaldi	Sett.22	
B	REVISIONE A SEGUITO COMMENTI ITLF	E.d.in	Nov.22	M.Proietti	Nov.22	G.Grimaldi	Nov.22	

CIG. 8377957CD1

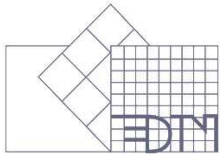
CUP: J41E91000000009

File: IN1712EI2CLVI0406004B.DOCX

Cod. origine:



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea



E.D.IN. S.r.l. Società di Ingegneria



Roma, 01/12/2022

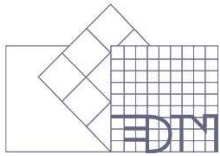
Rif. MP / 54 / 2022

Egregio **Ing. Casalone Pier Angelo**  
**Ing. Andreoli Enrico**

**OGGETTO: VI04 – Verifiche fondazioni Spalla A a seguito di NC (GC1069) riguardante la non realizzazione del palo 5**

La presente nota è finalizzata alla risoluzione della non conformità (GC1069) della palificata della spalla A del viadotto VI04 - Ponte sul deviatore del canale Dugale, opera a campata unica, ubicata tra la pk 16+495.80 e 16+517.80 della linea A.V. / A.C. Torino – Venezia, tratta Verona – Padova, lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza.

Con la presente si riporta la verifica del plinto di fondazione e si allega la relativa tavola di armatura con le modifiche apportate.



E.D.IN. S.r.l. Società di Ingegneria



Tribunale di ROMA: 6400/81

C.C.I.A.A. ROMA: 481450

Partita I.V.A.: 01275921003

Codice fiscale: 04016070585

## VI04 – Ponte sul deviatore del canale Ducale

Nota tecnica risoluzione NC Spalla A

## 1 Premessa

La NC in oggetto (GC1069) ha riguardato la problematica di esecuzione del palo 5 della palificata, che a causa di imprevisti durante le operazioni di scavo, non è stato possibile proseguire con la realizzazione, il foro è stato riempito con cls magro.

La palificata della spalla A, in PE è prevista costituita da 12 pali diametro  $D = 1.5\text{ m}$  e lunghezza  $L = 25.0\text{ m}$ , disposti come mostrato nella figura seguente.

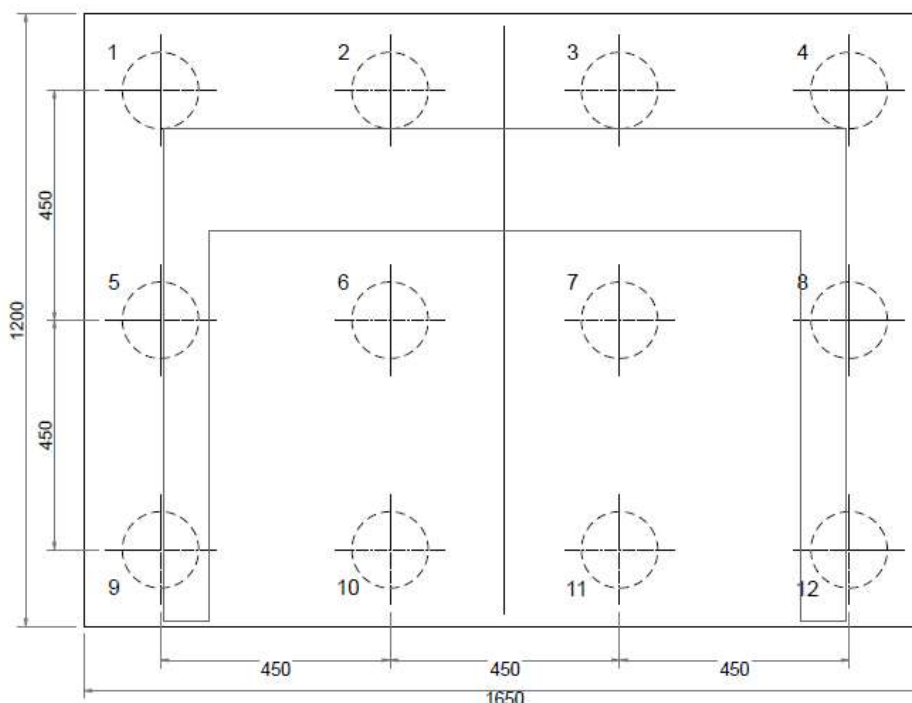


Figura 1 – Palificata a 12 pali Spalla A da PE

Il presente documento riporta le analisi e le verifiche strutturali della platea di fondazione in funzione della palificata come effettivamente eseguita: 11 pali diametro  $D = 1.5\text{ m}$  e lunghezza  $L = 25.0\text{ m}$ .

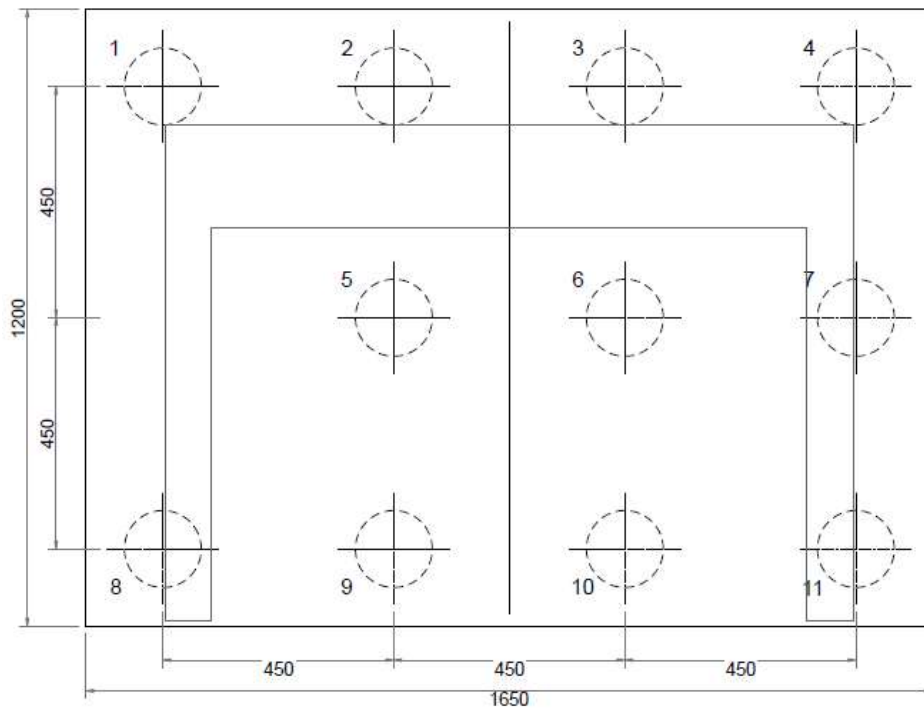
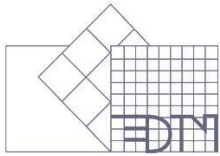


Figura 2 – Palificata a 11 pali Spalla A come eseguita

Si fa presente che la proposta di risoluzione (accettazione tal quale) della NC in oggetto, di cui la presente nota costituisce allegato tecnico di supporto, non comporta oneri aggiuntivi per la Committenza in termini di manutenzione né la modifica delle caratteristiche di durabilità dell'opera rispetto a quanto previsto in progetto.



## 2 Verifiche strutturali platea di fondazione

Si riportano di seguito i risultati delle analisi della platea di fondazione della Spalla A, eseguite considerando la geometria di Figura 2, e stesse azioni e stessi modelli descritti nella relazione di calcolo dell'opera (IN1712EI2CLVI0406001). Le analisi sono finalizzate alla determinazione delle sollecitazioni agenti sulla platea di fondazione, da utilizzarsi nelle verifiche strutturali a flessione e a taglio, di seguito riportate.

### 2.1 Verifica a flessione

Le sollecitazioni utilizzate per le verifiche a flessione sono state ricavate con il metodo Wood-Armer, utilizzando gli involuppi di tutte le combinazioni considerate. In particolare, si è fatto riferimento alle massime sollecitazioni ottenute nei nodi centrali di tutti gli elementi "plate" che costituiscono la fondazione.

Le verifiche allo SLU flessionale e agli SLE di fessurazione e tensionale delle sezioni in oggetto vengono effettuate mediante l'ausilio del programma RC-SEC.

Si riportano di seguito i momenti flettenti Wood-Armer ottenuti in direzione longitudinale (Direzione 1) e trasversale (Direzione 2) per la superficie superiore (Top) e per quella inferiore (Bottom) della platea.

In particolare, è possibile osservare un incremento delle sollecitazioni in corrispondenza del palo eliminato. Tale incremento non comporta alcun tipo di problema nelle verifiche allo SLU, ma non permette il rispetto del valore limite di 0.200 mm di apertura delle fessure.

Risulta quindi necessario un incremento dell'armatura inferiore in direzione longitudinale all'interno di una fascia di larghezza 1.00 m lungo l'allineamento dei pali 1 e 8 (Figura 2). Tale armatura aggiuntiva è costituita da 3  $\Phi 20$  disposti a passo 40 cm.



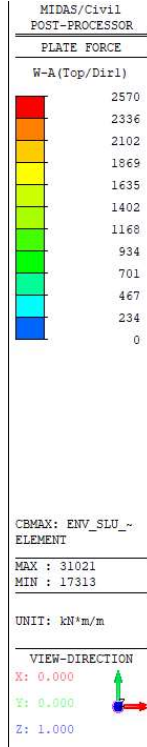
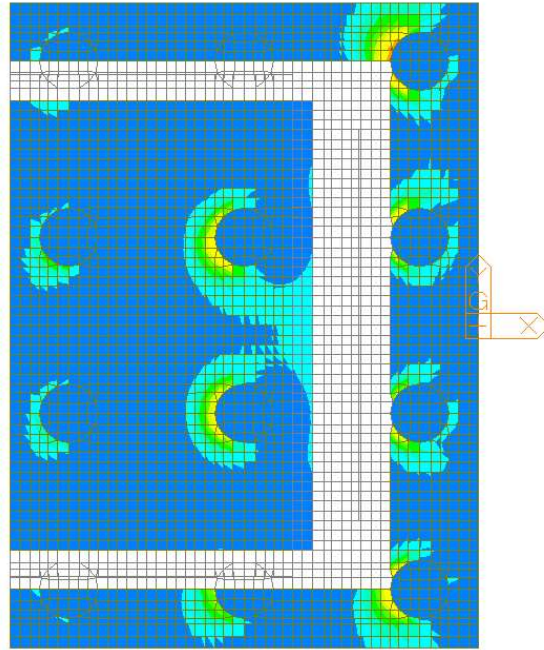


Figura 3 – Inviluppo SLU – W-A Moment Top Direzione 1

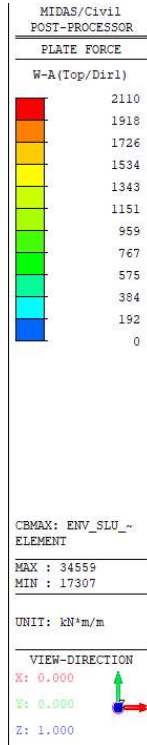
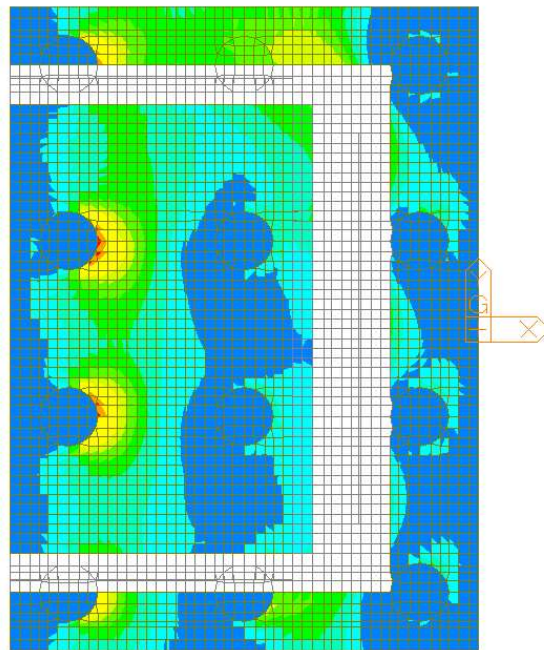


Figura 4 – Inviluppo SLU – W-A Moment Bottom Direzione 1

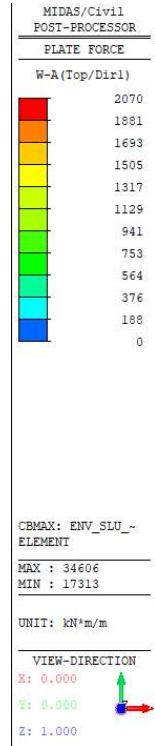
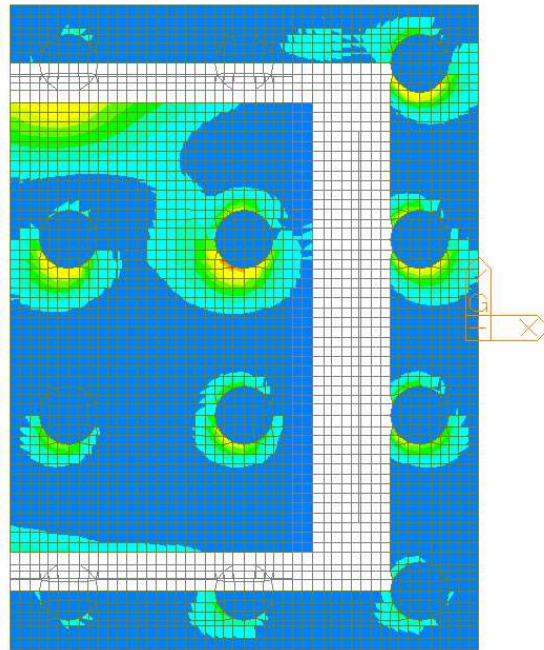


Figura 5 – Involuppo SLU – W-A Moment Top Direzione 2

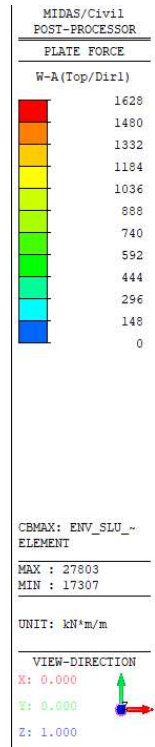
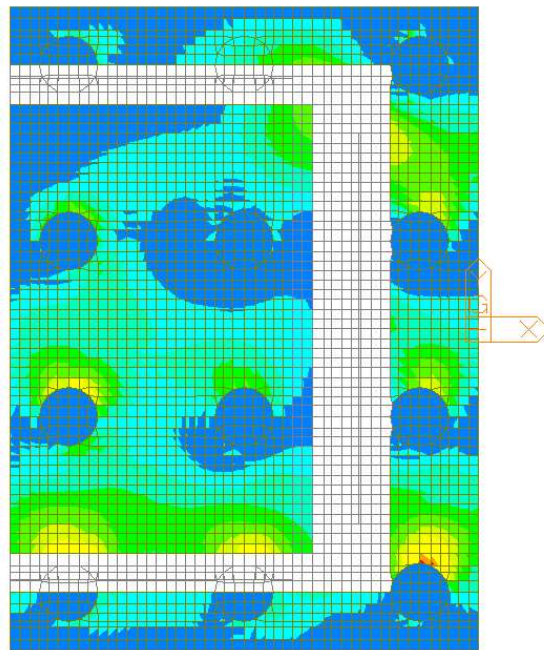


Figura 6 – Involuppo SLU – W-A Moment Bottom Direzione 2



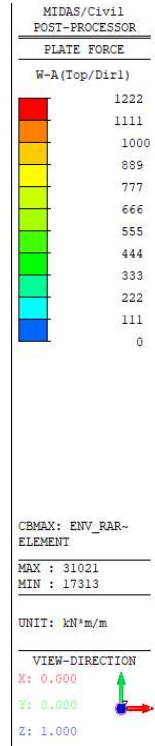
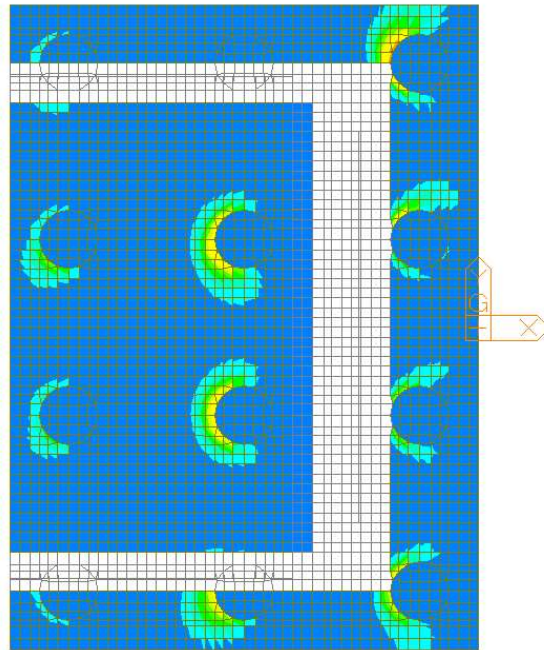


Figura 7 – Involuppo SLE Rara – W-A Moment Top Direzione 1

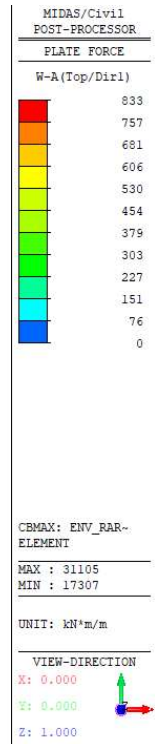
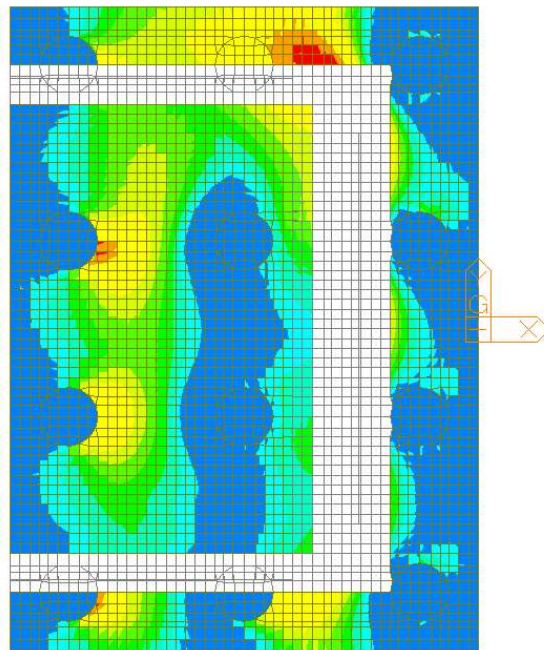


Figura 8 – Involuppo SLE Rara – W-A Moment Bottom Direzione 1

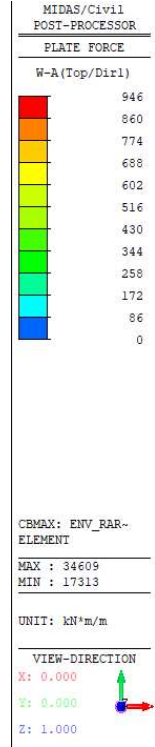
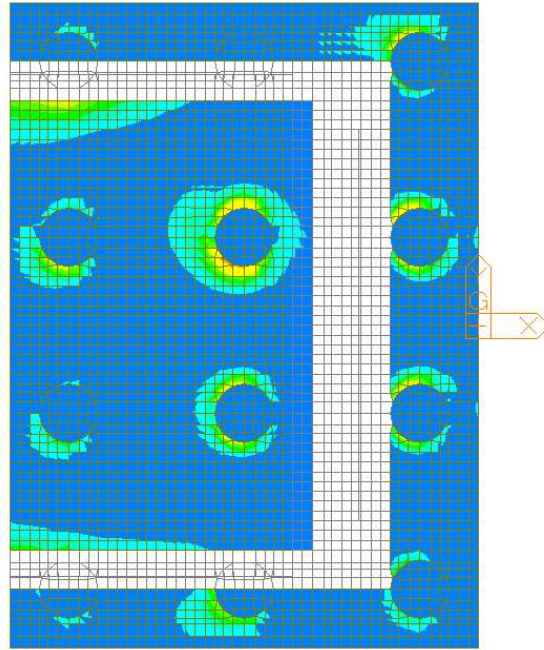
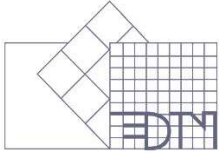


Figura 9 – Involuppo SLE Rara – W-A Moment Top Direzione 2

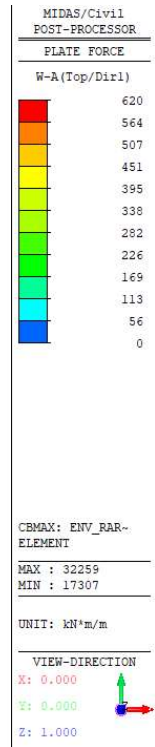
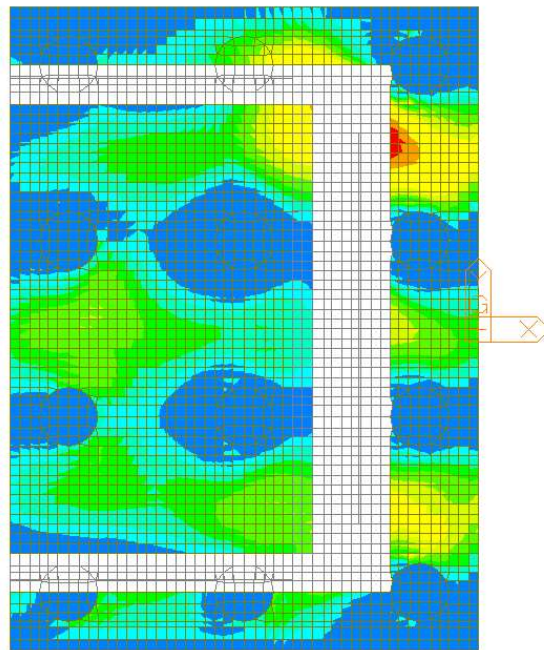


Figura 10 – Involuppo SLE Rara – W-A Moment Bottom Direzione 2



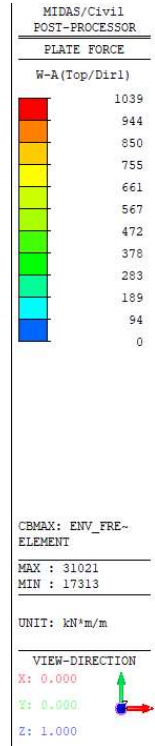
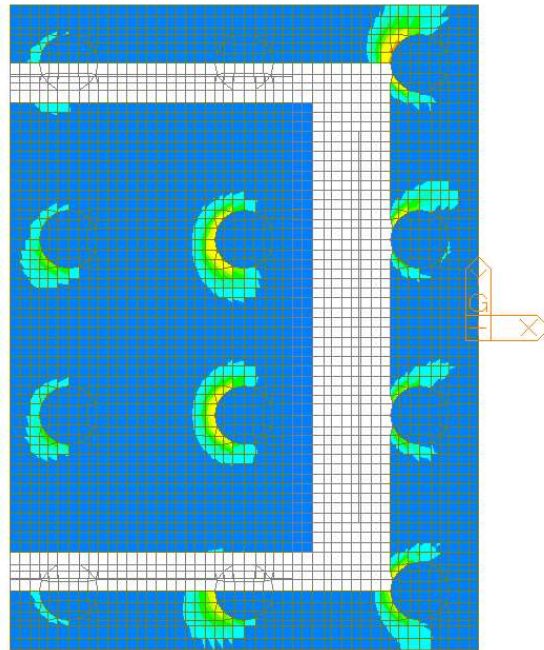


Figura 11 – Involuppo SLE Frequente – W-A Moment Top Direzione 1

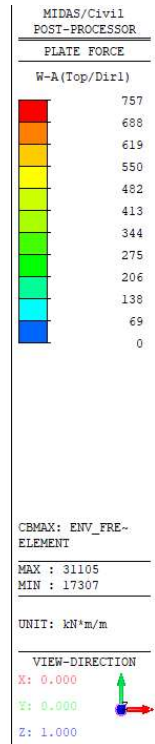
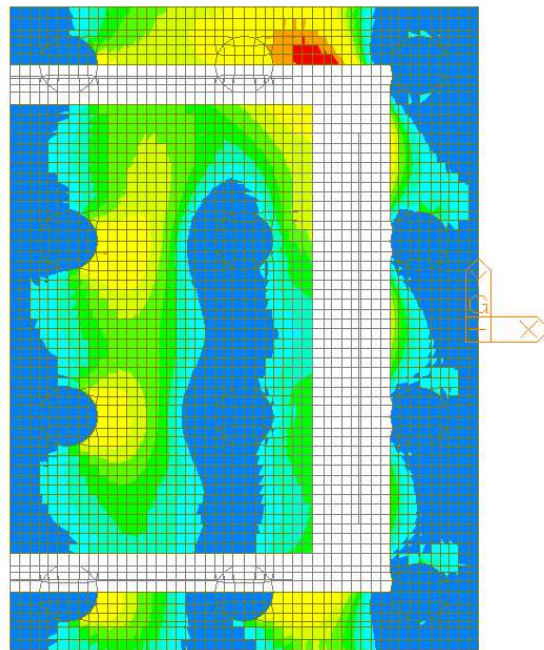


Figura 12 – Involuppo SLE Frequente – W-A Moment Bottom Direzione 1

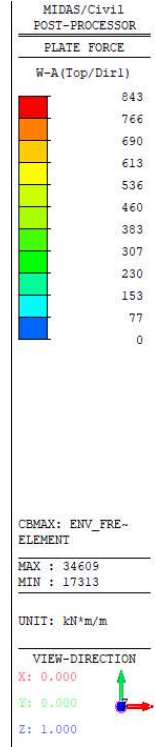
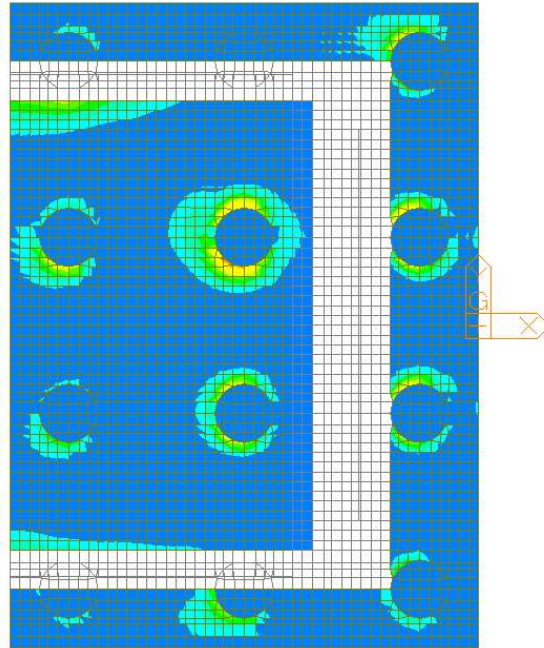
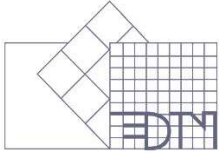


Figura 13 – Inviluppo SLE Frequente – W-A Moment Top Direzione 2

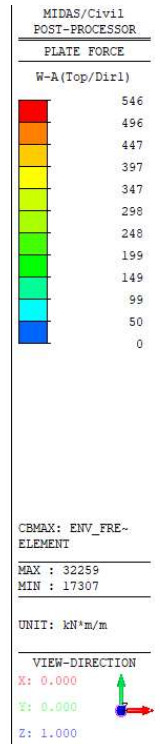
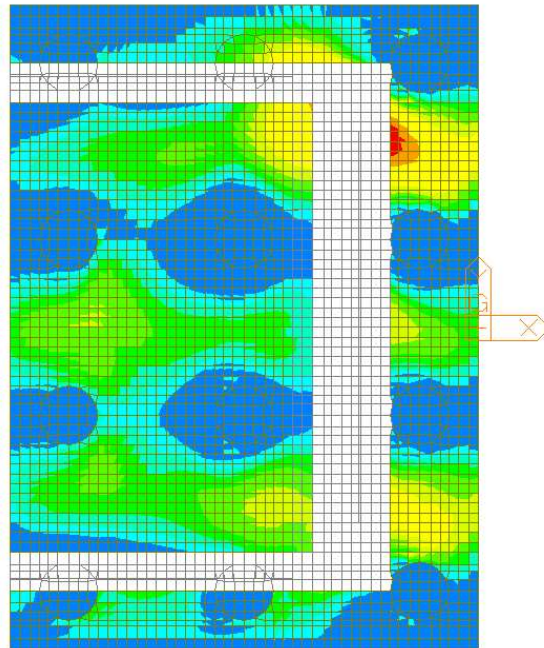


Figura 14 – Inviluppo SLE Frequente – W-A Moment Bottom Direzione 2



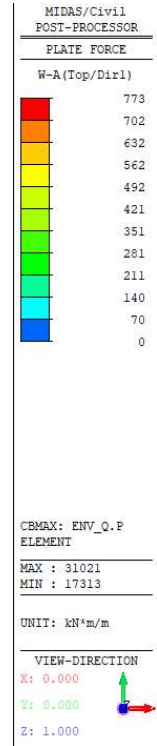
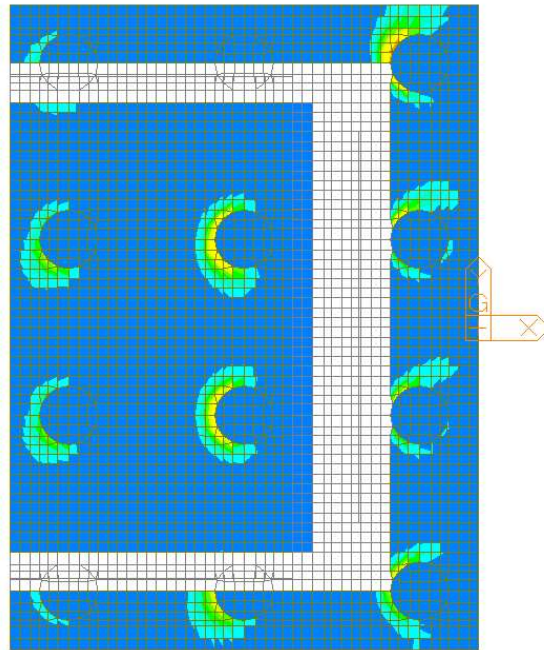


Figura 15 – Involuppo SLE Quasi permanente – W-A Moment Top Direzione 1

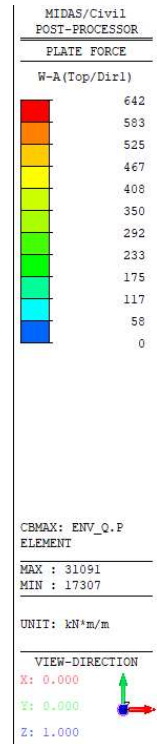
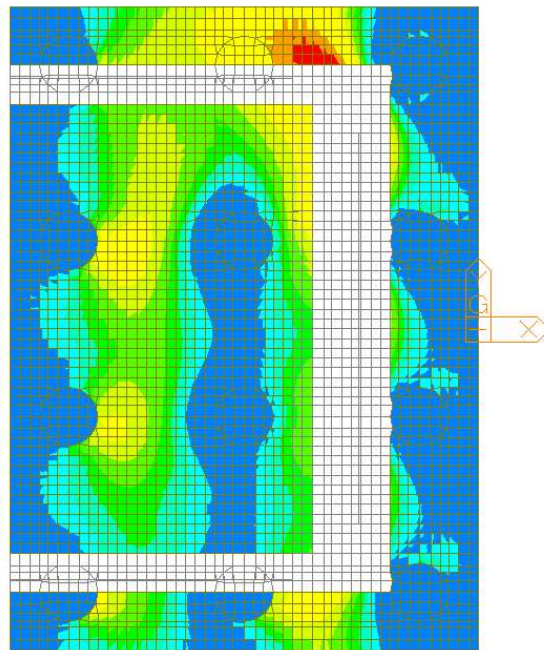


Figura 16 – Involuppo SLE Quasi permanente – W-A Moment Bottom Direzione 1



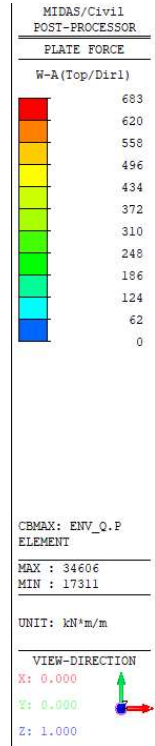
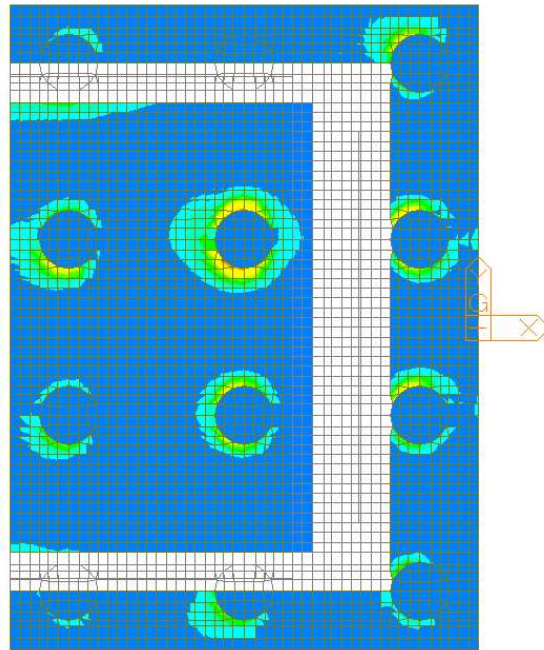


Figura 17 – Involuppo SLE Quasi permanente – W-A Moment Top Direzione 2

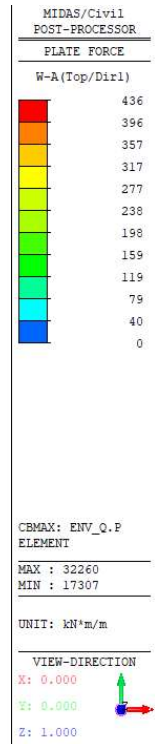
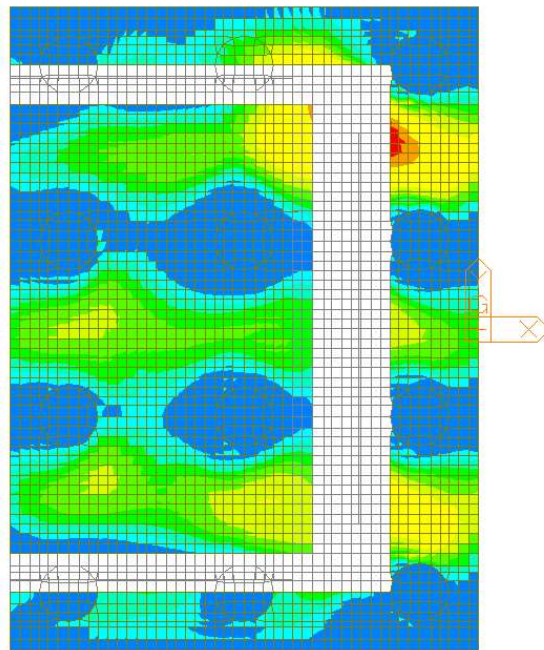
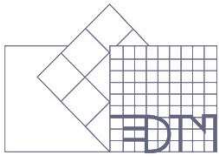


Figura 18 – Involuppo SLE Quasi permanente – W-A Moment Bottom Direzione 2



### 2.1.1 Armatura in direzione longitudinale – maglia base

L'armatura in direzione longitudinale della platea di fondazione è costituita da:

- 1 strato di barre  $\varnothing 26/20''$  + 1 strato di barre  $\varnothing 20/20''$  superiormente
- 1 strato di barre  $\varnothing 26/20''$  inferiormente

Si verifica la sezione maggiormente sollecitata, di dimensioni 1.00 x 2.00 m.

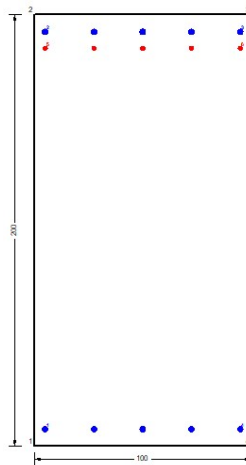


Figura 19 – Sezione implementata in RC-SEC

Di seguito viene riportato l'output del programma per la sezione in oggetto e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.

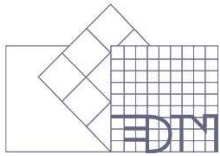
#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Direzione\_X\_11 pali

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50 daN/cm <sup>2</sup>



Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	7.9	26
2	-45.0	192.1	26
3	45.0	192.1	26
4	45.0	7.9	26
5	-45.0	184.5	20
6	45.0	184.5	20

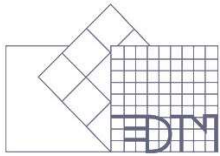
**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	26
2	2	3	3	26
3	5	6	3	20

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.



Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-2142.30	0.00	0.00	0.00
2	0.00	1652.10	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-1016.40	0.00
2	0.00	698.10	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-864.30 (-1940.56)	0.00 (0.00)
2	0.00	584.30 (1904.16)	0.00 (0.00)

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

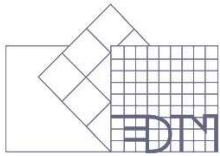
N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-643.10 (-1940.56)	0.00 (0.00)
2	0.00	450.20 (1904.16)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO****Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate****VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)





Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa.

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-2142.30	0.00	0.00	-3041.53	0.00	1.42	42.3
2	S	0.00	1652.10	0.00	0.00	1998.78	0.00	1.21	42.3

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere $< 0.45$
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.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.054	-50.0	0.0	0.00086	-45.0	7.9	-0.06080	-45.0	192.1
2	0.00350	0.053	-50.0	200.0	0.00080	-45.0	192.1	-0.06207	-45.0	7.9

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere $< 0.45$
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000334699	0.003500000	0.054	0.700
2	0.000000000	0.000341318	-0.064763553	0.053	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

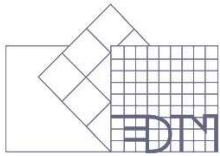
Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.46	-50.0	0.0	-138.7	22.5	192.1	2664	42.3
2	S	1.91	-50.0	200.0	-144.8	22.5	7.9	1950	26.5

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali





Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_c \text{ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \text{ max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00073	0	0.500	23.4	66	0.00042 (0.00042)	475 0.198 (990.00)	-1940.56	0.00	
2	S	-0.00076	0	0.500	26.0	66	0.00043 (0.00043)	549 0.239 (990.00)	1904.16	0.00	

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.09	-50.0	0.0	-118.0	22.5	192.1	2664	42.3
2	S	1.60	-50.0	200.0	-121.2	22.5	7.9	1950	26.5

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

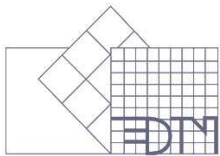
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00062	0	0.500	23.4	66	0.00035 (0.00035)	475 0.168 (0.20)	-1940.56	0.00	
2	S	-0.00064	0	0.500	26.0	66	0.00036 (0.00036)	549 0.200 (0.20)	1904.16	0.00	

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.56	-50.0	0.0	-87.8	22.5	192.1	2664	42.3
2	S	1.23	50.0	200.0	-93.4	-22.5	7.9	1950	26.5

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00046	0	0.500	23.4	66	0.00026 (0.00026)	475 0.125 (0.20)	-1940.56	0.00	
2	S	-0.00049	0	0.500	26.0	66	0.00028 (0.00028)	549 0.154 (0.20)	1904.16	0.00	



### 2.1.2 Armatura in direzione longitudinale – rinforzo inferiore

L'armatura in direzione longitudinale della platea di fondazione, nella fascia laterale in cui è previsto l'inserimento di barre di rinforzo, è costituita da:

- 1 strato di barre  $\varnothing 26/20''$  + 1 strato di barre  $\varnothing 20/20''$  superiormente
- 1 strato di barre  $\varnothing 26/20''$  + 1 strato di barre  $\varnothing 20/40''$  inferiormente (a favore di sicurezza il calcolo viene eseguito su 2 strati. Le barre aggiuntive vengono predisposte sullo stesso registro dei  $\varnothing 26$  in affiancamento)

Si verifica la sezione maggiormente sollecitata, di dimensioni 1.00 x 2.00 m.

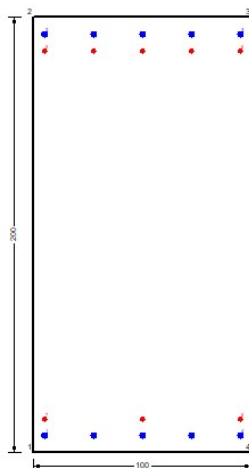


Figura 20 – Sezione implementata in RC-SEC

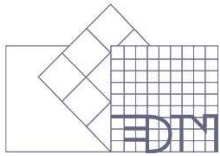
Di seguito viene riportato l'output del programma per la sezione in oggetto e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME FILE SEZIONE: Direzione\_X\_11 pali\_rinf

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo



Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

## ACCIAIO -

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

## CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

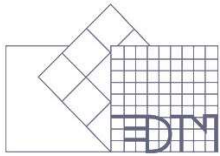
Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C25/30	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

## DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	7.9	26
2	-45.0	192.1	26
3	45.0	192.1	26
4	45.0	7.9	26
5	-45.0	184.5	20
6	45.0	184.5	20
7	-45.0	15.5	20
8	45.0	15.5	20

## DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	26
2	2	3	3	26
3	5	6	3	20
4	7	8	1	20

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-2142.30	0.00	0.00	0.00
2	0.00	1827.80	0.00	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-1016.40	0.00
2	0.00	805.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-864.30 (-1955.79)	0.00 (0.00)
2	0.00	732.20 (1941.14)	0.00 (0.00)

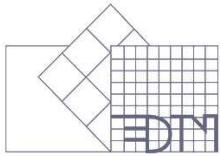
**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-643.10 (-1955.79)	0.00 (0.00)
2	0.00	620.60 (1941.14)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa.

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-2142.30	0.00	0.00	-3057.97	0.00	1.43	51.7
2	S	0.00	1827.80	0.00	0.00	2638.29	0.00	1.44	51.7

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.060	-50.0	0.0	0.00108	-45.0	7.9	-0.05526	-45.0	192.1
2	0.00350	0.058	-50.0	200.0	0.00103	-45.0	192.1	-0.05655	-45.0	7.9

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

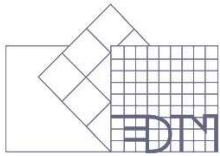
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000305859	0.003500000	0.060	0.700
2	0.000000000	0.000312607	-0.059021311	0.058	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.41	-50.0	0.0	-138.6	22.5	192.1	2664	42.3





2 S 1.99 -50.0 200.0 -127.1 22.5 7.9 2437 36.0

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e\_sm - e\_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00073	0	0.500	23.4	66	0.00042 (0.00042)	475 0.198 (990.00)	-1955.79	0.00	
2	S	-0.00067	0	0.500	24.1	66	0.00038 (0.00038)	502 0.191 (990.00)	1941.14	0.00	

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.05	50.0	0.0	-117.9	22.5	192.1	2664	42.3
2	S	1.81	-50.0	200.0	-115.6	-22.5	7.9	2437	36.0

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

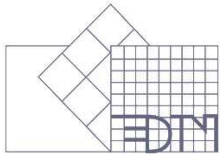
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00062	0	0.500	23.4	66	0.00035 (0.00035)	475 0.168 (0.20)	-1955.79	0.00	
2	S	-0.00061	0	0.500	24.1	66	0.00035 (0.00035)	502 0.174 (0.20)	1941.14	0.00	

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.52	-50.0	0.0	-87.7	22.5	192.1	2664	42.3
2	S	1.53	50.0	200.0	-98.0	-22.5	7.9	2437	36.0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00046	0	0.500	23.4	66	0.00026 (0.00026)	475 0.125 (0.20)	-1955.79	0.00	
2	S	-0.00051	0	0.500	24.1	66	0.00029 (0.00029)	502 0.148 (0.20)	1941.14	0.00	



### 2.1.3 Armatura in direzione trasversale

L'armatura in direzione trasversale della platea di fondazione è costituita da:

- 1 strato di barre  $\varnothing 26/20''$  superiormente
- 1 strato di barre  $\varnothing 26/20''$  inferiormente

Si verifica la sezione maggiormente sollecitata, di dimensioni 1.00 x 2.00 m.

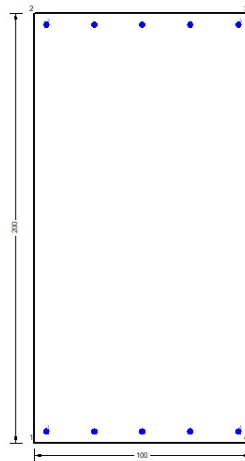


Figura 21 – Sezione implementata in RC-SEC

Di seguito viene riportato l'output del programma per la sezione in oggetto e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.

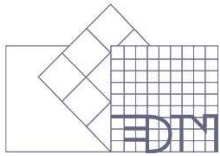
#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Direzione\_Y\_11 pali

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm <sup>2</sup>



Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-44.7	5.3	26
2	-44.7	194.7	26
3	44.7	194.7	26
4	44.7	5.3	26

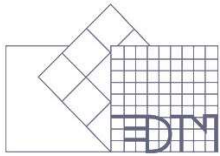
**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	26
2	2	3	3	26

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x



N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-1763.80	0.00	0.00	0.00
2	0.00	1378.90	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-782.30	0.00
2	0.00	590.60	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-696.80 (-1889.51)	0.00 (0.00)
2	0.00	520.30 (1889.51)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

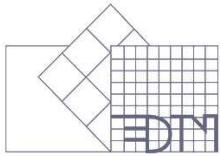
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-561.80 (-1889.51)	0.00 (0.00)
2	0.00	416.30 (1889.51)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa.



N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-1763.80	0.00	0.00	-1985.98	0.00	1.13	26.5
2	S	0.00	1378.90	0.00	0.00	1985.98	0.00	1.44	26.5

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00250	0.036	-50.0	0.0	0.00060	-44.7	5.3	-0.06750	-44.7	194.7
2	0.00250	0.036	-50.0	200.0	0.00060	-44.7	194.7	-0.06750	-44.7	5.3

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000359530	0.002500587	0.036	0.700
2	0.000000000	0.000359530	-0.069405512	0.036	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

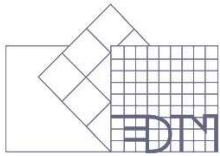
Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.15	-50.0	0.0	-159.5	22.4	194.7	1349	26.5
2	S	1.62	-50.0	200.0	-120.4	-22.4	5.3	1350	26.5

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]





Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00082	0	0.500	26.0	40	0.00048 (0.00048)	361 0.173 (990.00)	-1889.51	0.00	
2	S	-0.00062	0	0.500	26.0	40	0.00036 (0.00036)	361 0.130 (990.00)	1889.51	0.00	

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.91	-50.0	0.0	-142.1	22.4	194.7	1350	26.5
2	S	1.43	-50.0	200.0	-106.1	22.4	5.3	1300	26.5

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00073	0	0.500	26.0	40	0.00043 (0.00043)	361 0.154 (0.20)	-1889.51	0.00	
2	S	-0.00055	0	0.500	26.0	40	0.00032 (0.00032)	352 0.112 (0.20)	1889.51	0.00	

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.54	-50.0	0.0	-114.6	22.4	194.7	1350	26.5
2	S	1.14	-50.0	200.0	-84.9	22.4	5.3	1300	26.5

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00059	0	0.500	26.0	40	0.00034 (0.00034)	361 0.124 (0.20)	-1889.51	0.00	
2	S	-0.00044	0	0.500	26.0	40	0.00025 (0.00025)	352 0.090 (0.20)	1889.51	0.00	

## 2.2 Verifica a taglio

La verifica a taglio della platea di fondazione è stata effettuata in accordo con quanto esposto nella relazione di calcolo della spalla. Si riportano, nelle figure seguenti, i diagrammi del taglio relativi all'involuppo delle combinazioni SLU e SLV.

Tribunale di ROMA: 6400/81

C.C.I.A.A. ROMA: 481450

Partita I.V.A.: 01275921003

Codice fiscale: 04016070585

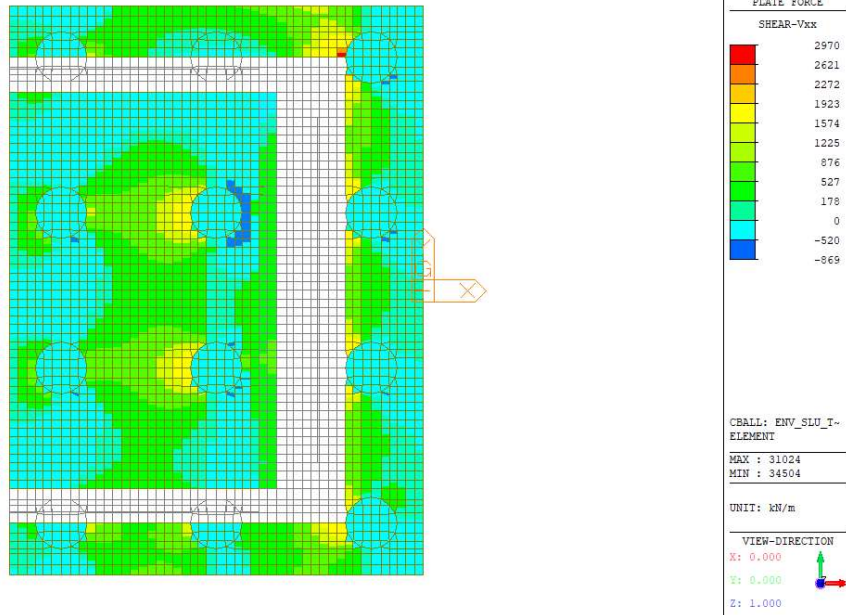


Figura 22 – Involuppo SLU - Vxx

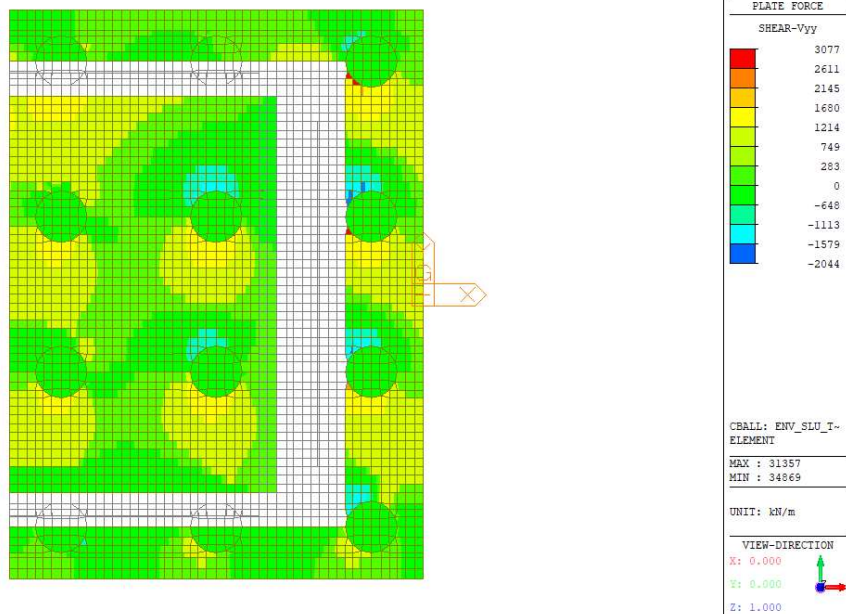
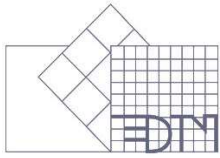


Figura 23 – Involuppo SLU - Vyy



La verifica è stata effettuata nei confronti del valore massimo di taglio  $V_{Ed,max}$ , ottenuto dall'involuppo delle combinazioni SLU e SLV.

In particolar modo, per ogni elemento plate è stato calcolato il taglio di progetto come:

$$V_{Ed,max} = \sqrt{V_{xx}^2 + V_{yy}^2}$$

dove  $V_{xx}$  è il taglio al metro lineare sulla faccia di normale l'asse x locale dell'elemento plate, mentre  $V_{yy}$  è il taglio al metro lineare sulla faccia di normale l'asse y. Mediando i valori puntuali su una larghezza opportuna, si ottiene:

$$V_{Ed,max} = 1436.1 \text{ kN/m}$$

Si ottiene un piccolo incremento del taglio agente sulla platea di fondazione; tuttavia, l'armatura prevista nel PE, costituita da spille  $\varnothing 20$  disposte secondo una maglia di dimensioni 40 x 80 cm, risulta comunque sufficiente.

Di seguito si riporta la verifica svolta considerando una sezione di larghezza unitaria ed altezza pari a quella della platea di fondazione.

#### Caratteristiche materiali

Cls

$R_{ck}$	30	$\text{N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck}$	24.90	$\text{N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm}$	32.90	$\text{N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{cd}$	16.60	$\text{N/mm}^2$	resistenza cilindrica di progetto a compressione
$f_{ctm}$	2.56	$\text{N/mm}^2$	resistenza a trazione media
$f_{ctm}$	3.07	$\text{N/mm}^2$	resistenza a trazione media per fessurazione
$E_{cm}$	31447	$\text{N/mm}^2$	modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 $f_{cm}$ )

Acciaio barre longitudinali

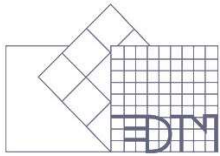
$f_{yk}$	450	$\text{N/mm}^2$
$f_{yd}$	391.3	$\text{N/mm}^2$

Acciaio staffe

$f_{yk}$	450	$\text{N/mm}^2$
$f_{yd}$	391.3	$\text{N/mm}^2$

Caratteristiche di aderenza delle barre

$\eta$	1.00		
$f_{bk}$	4.03	$\text{N/mm}^2$	tensione di aderenza caratteristica
$f_{bd}$	2.69	$\text{N/mm}^2$	tensione di aderenza di progetto



## Calcoli preliminari

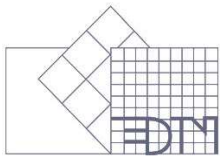
$A_{sl}$	2654.6	$mm^2$	area dell'armatura longitudinale
$\rho_l$	0.0014		rapporto geometrico d'armatura longitudinale
$\rho_{l,eff}$	0.0014		rapporto considerato nei calcoli
$\sigma_{cp}$	0.000	$N/mm^2$	tensione media di compressione nella sezione
$\sigma_{cp,eff}$	0.000	$N/mm^2$	tensione media considerata nei calcoli
$A_{sw}$	392.7	$mm^2$	area della singola staffa (è considerato il numero di braccia)

## Elemento armato a taglio

$\alpha$	1.571	rad	inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale
$\theta$	0.384	rad	inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave
$f'_{cd}$	8.300	$N/mm^2$	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
$\alpha_c$	1.000		coefficiente maggiorativo per compressione
$N_{Rd}$	31972	kN	sforzo normale di compressione ultimo
$ctg\alpha$	0.00		
$ctg\theta$	2.48		
$V_{Rsd}$	1643.9	kN	taglio resistente relativo alle armature tese
$V_{Rcd}$	4236.5	kN	taglio resistente relativo alle bielle compresse
$V_{Rd}$	1643.9	kN	taglio resistente di calcolo

&gt; 1436.1 kN





## 2.3 Verifica a taglio-punzonamento

Le verifiche a punzonamento della platea di fondazione sono state condotte in accordo con quanto esposto nella relazione di calcolo della spalla.

In particolare, la verifica è stata condotta in corrispondenza del palo 5 (nuova configurazione, Figura 2) per lo sforzo assiale massimo ottenuto dall'involuppo delle combinazioni di carico SLU e SLV. A tale sforzo, ricavato direttamente dal modello di calcolo, è stato sottratto il contributo della platea di fondazione e del terreno di riempimento della spalla.

$$V_{Ed} = 4488.0 \text{ kN}$$

### Caratteristiche materiali

Rck	30	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. cubica cls
fck	25	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. cilindrica cls
γc	1.5		Coefficiente sicurezza cls
τrd	0.30	N/mm <sup>2</sup>	Resist. unit. a taglio
fyk	450	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di snervamento acciaio
γs	1.15		Coefficiente di sicurezza acciaio

### Armatura tesa

A <sub>lx</sub>	42.25	cm <sup>2</sup> /m	Armatura tesa in direzione x
A <sub>ly</sub>	26.55	cm <sup>2</sup> /m	Armatura tesa in direzione y

### Impronta di carico

a	75	cm	(a = raggio per sezioni circolari)
h	200	cm	Altezza plinto
d	190.95	cm	Altezza utile
β	1		Coeff. che tiene conto eccentricità del carico

u <sub>1</sub>	1623.00	cm	Perimetro di verifica di base
u <sub>0</sub>	471.24	cm	Perimetro dell'area caricata
k	1.32		Coefficiente
pl	0.0018		Percentuale di armatura tesa

### Tensione massima di taglio

V <sub>ed</sub>	4488.00	kN	Reazione agli SLU
V <sub>ed</sub>	276.52	kN/m	Taglio applicato per unità di lunghezza
ved	0.14	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di taglio agente



**Resistenza a punzonamento offerta dal solo calcestruzzo immediatamente a ridosso del palo**

ved	0.50	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di taglio a rifosso del palo
vr <sub>dmax</sub>	3.83	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente massima
Verifica	ok		
F <sub>s</sub>	7.67		

**Resistenza a punz. per unità di lungh. senza armatura a taglio**

V <sub>Rd,c</sub>	0.27	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente senza armatura a taglio
v <sub>min</sub>	0.27	N/mm <sup>2</sup>	
V <sub>Rd</sub>	508.87	kN/m	Taglio resistente per unità di lunghezza
Verifica	ok		
F <sub>s</sub>	1.84		



### 3 Conclusioni

Il presente documento riporta le analisi e le verifiche strutturali della platea di fondazione in funzione della palificata come effettivamente eseguita: 11 pali diametro  $D = 1.5$  m e lunghezza  $L = 25.0$  m.

Dalle analisi si evince che la rimozione del palo 5 comporta un incremento delle sollecitazioni flettenti e taglianti nella platea di fondazione. Tuttavia, anche a fronte di tale incremento, le armature previste nel PE risultano sufficienti a soddisfare le verifiche strutturali, fatta eccezione di una fascia di dimensioni contenute in corrispondenza del palo eliminato. Qui, infatti, è necessario l'inserimento di un rinforzo dell'armatura longitudinale inferiore costituito da 3 barre  $\Phi 20$  disposte a passo 40 cm.

Si precisa infine che le analisi sono state condotte con le stesse combinazioni di carico della relazione di calcolo: per verificare che fosse la condizione peggiore è stato tolto prima il palo nella geometria indicata e poi il simmetrico dall'altra parte: le verifiche sono state condotte con le sollecitazioni peggiori derivanti dall'analisi dei due modelli.

01 Dicembre 2022

Il Progettista  
Ing. Giuseppe Grimaldi