

Allegato 1

Dimensionamento e verifica sezione incastro fondazione

1 - PREMESSA

Scopo della presente relazione tecnica è la valutazione analitica della capacità portante di un elemento strutturale in **CALCESTRUZZO ARMATO**.

La metodologia di calcolo usata per la valutazione della Resistenza strutturale dell'elemento è quella della discretizzazione in **fibre** della sezione. In pratica, la sezione viene suddivisa in un numero discreto di elementini, di dimensione quasi infinitesimale, ognuno di essi caratterizzati da un determinato tipo di materiale con le proprie caratteristiche meccaniche. Per ogni fibra è possibile ricavare, in funzione dei legami costitutivi e delle proprietà meccaniche del materiale, lo stato deformativo e tensionale.

In funzione dello stato deformativo-tensionale delle varie fibre che costituiscono la sezione è possibile ricavare le sollecitazioni resistenti per i meccanismi di verifica considerati.

Per ogni meccanismo resistente considerato, il confronto tra Resistenza e valore di Progetto fornisce il coefficiente di sicurezza (CS).

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

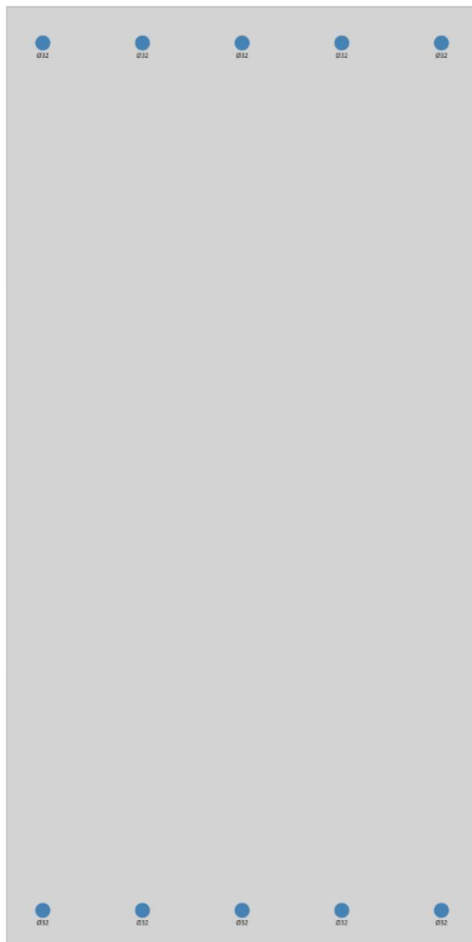
- **D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) - "Aggiornamento delle *Norme tecniche per le Costruzioni*" (NTC 18).

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*
- **Eurocodice 2** - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo - UNI EN 1992 Parte 1-1: *Regole generali e regole per edifici*".

3 - GEOMETRIA SEZIONE

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione oggetto di verifica. È stato adottato un copriferro, misurato dal lembo più esterno delle barre longitudinali al lato della sezione in calcestruzzo (comprendente, quindi, il diametro delle staffe), pari a **6,0** cm.



SEZIONE

| Caratteristiche della sezione | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------|-------|-----------------|----------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-----------|
| Tp | Dimensioni | | | | | | | | A |
| | B | H | Sp _w | H _w | Sp _{r,i} | L _{r,i} | Sp _{r,s} | L _{r,s} | |
| | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | |
| Rettangolare | 100.0 | 200.0 | - | - | - | - | - | - | 20 '000.0 |

LEGENDA:

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| Tp | Tipo di sezione. |
| B | Base. |
| H | Altezza/Lato. |
| Sp_w | Spessore anima. |
| H_w | Altezza anima. |
| Sp_{r,i} | Spessore ala inferiore. |
| L_{r,i} | Lunghezza ala inferiore. |
| Sp_{r,s} | Spessore ala superiore. |
| L_{r,s} | Lunghezza ala superiore. |
| A | Area della sezione. |

4 - MATERIALI

La sezione oggetto della verifica è costituita dai seguenti materiali:

CALCESTRUZZO

| Caratteristiche Calcestruzzo | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------------|----|---------|---------------|------------|----------|----------|--------------|----------------|----------------|-----------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Sigla | γ_k | FC | E_c | α_{cc} | γ_c | f_{cm} | f_{ck} | $f_{cd,SLU}$ | $f_{cd,SLE R}$ | $f_{cd,SLE P}$ | f_{ctd} | Mod. Ø8 | ϵ_{c2} | ϵ_{c3} | ϵ_{cu} |
| | [N/m³] | | [N/mm²] | | | [N/mm²] | [N/mm²] | [N/mm²] | [N/mm²] | [N/mm²] | [N/mm²] | | [%] | [%] | [%] |
| C32/40 | 25000 | - | 33´643 | 0.85 | 1.50 | - | 33.20 | 18.81 | 19.92 | 14.94 | 1.45 | a | 0.20 | 0.18 | 0.35 |

LEGENDA:

| | |
|-----------------------------------|---|
| Sigla | Sigla del materiale. |
| γ_k | Peso specifico caratteristico. |
| FC | Fattore di Confidenza ("-" = struttura nuova). |
| E_c | Modulo elastico. |
| α_{cc} | Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata. |
| γ_c | Coefficiente parziale di sicurezza. |
| f_{cm} | Resistenza media cilindrica a compressione a 28 giorni. |
| f_{ck} | Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28 giorni. |
| $f_{cd,SLU}$ | Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLU. |
| $f_{cd,SLE R}$ | Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Rare. |
| $f_{cd,SLE P}$ | Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Permanenti. |
| f_{ctd} | Resistenza di calcolo a trazione. |
| Mod. σ_8 | Modello del diagramma tensione-deformazione: (a) parabola-rettangolo; (b) triangolo-rettangolo. |
| ϵ_{c2} | Deformazione al limite elastico per il diagramma parabola-rettangolo. |
| ϵ_{c3} | Deformazione al limite elastico per il diagramma triangolo-rettangolo. |
| ϵ_{cu} | Deformazione ultima. |

ACCIAIO

| Caratteristiche Acciaio | | | | | |
|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|------|------------|
| Sigla | γ_k | E | f_{yk} | K | γ_M |
| | [N/m ³] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | |
| B450C | 78500 | 210000 | 450.00 | 1.20 | 1.15 |

LEGENDA:

| | |
|--------------|---|
| Sigla | Sigla del materiale. |
| γ_k | Peso specifico caratteristico. |
| E | Modulo elastico normale. |
| f_{yk} | Resistenza caratteristica allo snervamento. |
| K | Rapporto di Sovraresistenza. |
| γ_M | Coefficiente parziale di sicurezza. |

5 - AZIONI

Le azioni sull'elemento strutturale, in base alle quali sono state eseguite le verifiche di resistenza, sono riportate nella seguente tabella:

SOLLECITAZIONI

| Sollecitazioni | | | | | | | | | |
|----------------|-----|------------|---------|------------|------------|-------|-------|----------|-----|
| Cmb | SL | Tipo | N | $M_{Ed,X}$ | $M_{Ed,Y}$ | M_z | T_x | T_y | Pos |
| | | | [N] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | [N] | [N] | |
| 1 | SLU | - | -991450 | 3371850 | 0 | 0 | 0 | -1383300 | I |
| 2 | SLE | rara | -762650 | 2593730 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| 3 | SLE | permanente | -762650 | 2593730 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |

LEGENDA:

| | |
|------------|---|
| Cmb | Combinazione. |
| SL | Stato Limite (SLU=Ultimo; SLE=Esercizio; ECC=Combinazione Eccezionale). |

| | |
|-------------------------|---|
| Tipo | Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio. |
| N | Sforzo Normale. |
| M_{Ed,X} | Momento di Progetto in direzione X. |
| M_{Ed,Y} | Momento di Progetto in direzione Y. |
| M_z | Momento Torcente |
| T_x | Taglio in direzione X. |
| T_y | Taglio in direzione Y. |
| Pos | Posizione rispetto al dominio di resistenza (I=Interno; E=Esterno). |

6 - VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza e i domini di resistenza. Inoltre, si riporta il diagramma momento curvatura.

DIAGRAMMA MOMENTO-CURVATURA

| Diagramma momento-curvatura | | | | | | | |
|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|
| N = -991450 | | | | | | | |
| Dir X+ | | Dir X- | | Dir Y+ | | Dir Y- | |
| M _{Rd} = 3874736 $\phi_u = 0.0320$; M _y = 3655780 $\phi_y = 0.0013$ | | M _{Rd} = -3874736 $\phi_u = 0.0320$; M _y = -3655780 $\phi_y = 0.0013$ | | M _{Rd} = 1858250 $\phi_u = 0.0334$; M _y = 1350578 $\phi_y = 0.0027$ | | M _{Rd} = -1858251 $\phi_u = 0.0334$; M _y = -1350578 $\phi_y = 0.0027$ | |
| M | ϕ | M | ϕ | M | ϕ | M | ϕ |
| [Nm] | [1/m] | [Nm] | [1/m] | [Nm] | [1/m] | [Nm] | [1/m] |
| 13825 | 0.0000 | -13825 | 0.0000 | 3247 | 0.0000 | -3247 | 0.0000 |
| 13825 | 0.0000 | -13825 | 0.0000 | 3247 | 0.0000 | -3247 | 0.0000 |
| 3173533 | 0.0011 | -3173533 | 0.0011 | 1253374 | 0.0024 | -1253374 | 0.0024 |
| 3654276 | 0.0013 | -3654276 | 0.0013 | 1350511 | 0.0027 | -1350511 | 0.0027 |
| 3655780 | 0.0013 | -3655780 | 0.0013 | 1350578 | 0.0027 | -1350578 | 0.0027 |
| 3656916 | 0.0013 | -3656916 | 0.0013 | 1351486 | 0.0027 | -1351486 | 0.0027 |
| 3853970 | 0.0100 | -3853970 | 0.0100 | 1791440 | 0.0100 | -1791440 | 0.0100 |
| 3853969 | 0.0100 | -3853969 | 0.0100 | 1791442 | 0.0100 | -1791442 | 0.0100 |
| 3870695 | 0.0200 | -3870695 | 0.0200 | 1850965 | 0.0200 | -1850966 | 0.0200 |
| 3874281 | 0.0300 | -3874281 | 0.0300 | 1857086 | 0.0300 | -1857086 | 0.0300 |
| 3874736 | 0.0320 | -3874736 | 0.0320 | 1858250 | 0.0334 | -1858251 | 0.0334 |
| 3838514 | 0.0420 | -3838514 | 0.0420 | | | | |
| 3831018 | 0.0520 | -3831018 | 0.0520 | | | | |

LEGENDA:

| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| N | Sforzo Normale di progetto. |
| Dir | Direzione. |
| ϕ | Curvatura di calcolo. |
| M | Momento associato a ϕ |
| ϕ_u | Curvatura Ultima. |
| M_{Rd} | Momento Ultimo. |
| ϕ_y | Curvatura allo Snervamento. |
| M_y | Momento di Snervamento. |

Diagramma del Dominio di Resistenza

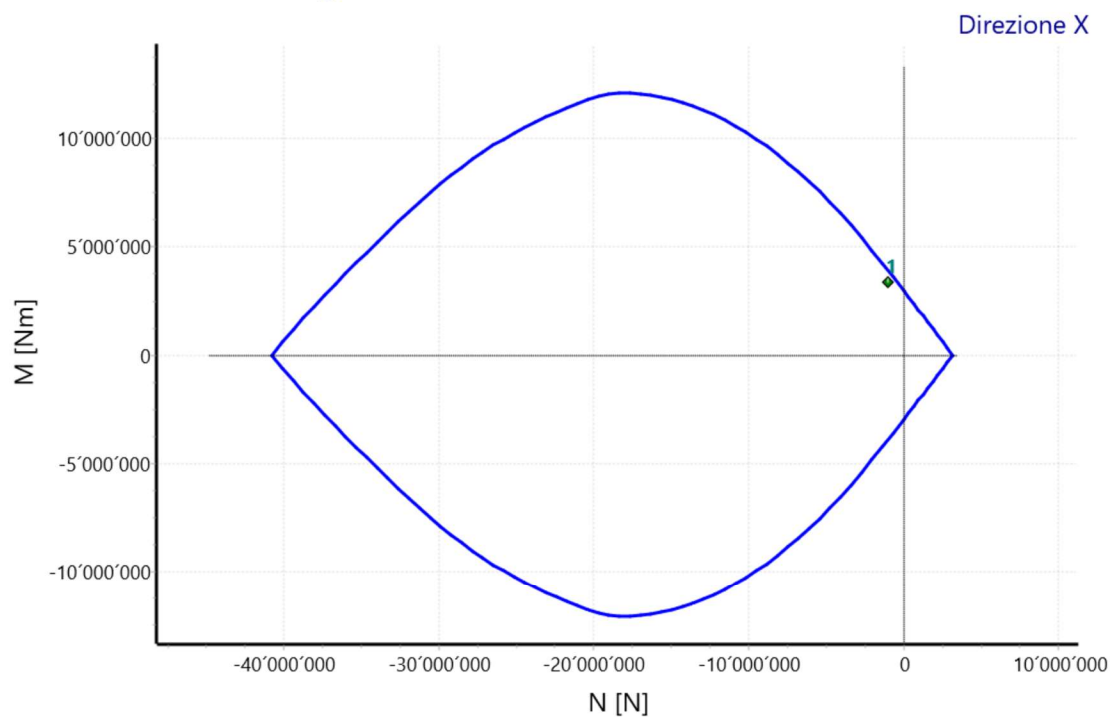
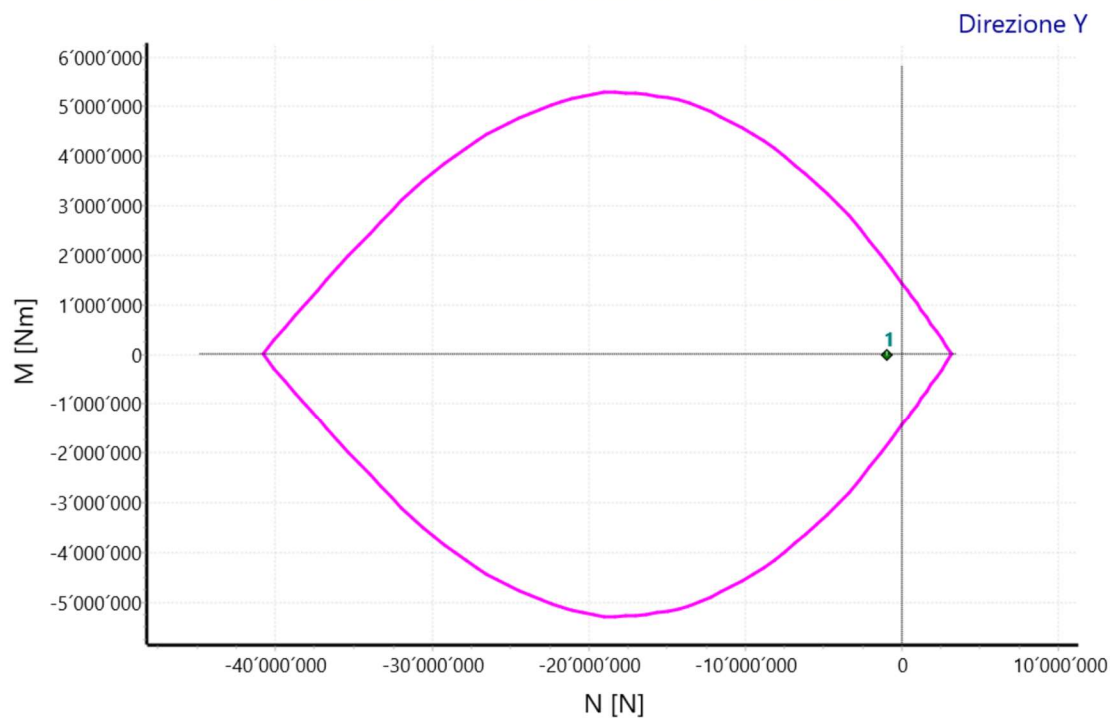


Diagramma del Dominio di Resistenza



Tutti i punti rappresentativi delle sollecitazioni agenti ricadono all'interno del dominio di resistenza della sezione.

DOMINIO DI RESISTENZA

| Dominio di resistenza | | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| N | Dir X | | Dir Y | |
| | M _{Rd,max} | M _{Rd,min} | M _{Rd,max} | M _{Rd,min} |
| [N] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | [Nm] |
| -40'773'723 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -40'773'723 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -40'773'723 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -40'094'161 | 604'322 | -604'322 | 285'192 | -285'192 |
| -39'414'599 | 1'168'629 | -1'168'629 | 544'749 | -544'749 |
| -38'735'037 | 1'709'738 | -1'709'737 | 795'154 | -795'154 |
| -38'055'475 | 2'233'983 | -2'233'983 | 1'040'534 | -1'040'534 |
| -37'375'913 | 2'747'473 | -2'747'473 | 1'281'256 | -1'281'256 |
| -36'696'351 | 3'251'111 | -3'251'111 | 1'520'298 | -1'520'298 |
| -36'016'789 | 3'746'913 | -3'746'913 | 1'755'504 | -1'755'504 |
| -35'337'227 | 4'236'287 | -4'236'287 | 1'988'792 | -1'988'792 |
| -34'657'665 | 4'722'042 | -4'722'042 | 2'218'561 | -2'218'561 |
| -33'978'102 | 5'198'761 | -5'198'761 | 2'443'767 | -2'443'767 |
| -33'298'540 | 5'673'184 | -5'673'184 | 2'666'795 | -2'666'795 |
| -32'618'978 | 6'142'564 | -6'142'564 | 2'888'414 | -2'888'414 |
| -31'939'416 | 6'609'362 | -6'609'362 | 3'103'009 | -3'103'009 |
| -31'259'854 | 7'061'044 | -7'061'044 | 3'306'996 | -3'306'996 |
| -30'580'292 | 7'489'205 | -7'489'205 | 3'499'247 | -3'499'247 |
| -29'900'730 | 7'898'998 | -7'898'998 | 3'681'132 | -3'681'132 |
| -29'221'168 | 8'289'086 | -8'289'086 | 3'852'896 | -3'852'896 |
| -28'541'606 | 8'659'905 | -8'659'905 | 4'014'021 | -4'014'021 |
| -27'862'044 | 9'010'781 | -9'010'781 | 4'164'892 | -4'164'892 |
| -27'182'482 | 9'344'932 | -9'344'932 | 4'305'924 | -4'305'924 |
| -26'502'920 | 9'659'893 | -9'659'893 | 4'437'401 | -4'437'401 |
| -25'823'358 | 9'956'563 | -9'956'563 | 4'558'822 | -4'558'822 |
| -25'143'796 | 10'236'136 | -10'236'136 | 4'670'909 | -4'670'909 |
| -24'464'234 | 10'499'854 | -10'499'854 | 4'773'508 | -4'773'508 |
| -23'784'672 | 10'745'704 | -10'745'704 | 4'866'661 | -4'866'661 |
| -23'105'110 | 10'977'176 | -10'977'176 | 4'951'503 | -4'951'502 |
| -22'425'548 | 11'192'013 | -11'192'013 | 5'027'355 | -5'027'354 |
| -21'745'986 | 11'393'309 | -11'393'309 | 5'094'837 | -5'094'837 |
| -21'066'424 | 11'579'952 | -11'579'952 | 5'154'242 | -5'154'242 |
| -20'386'861 | 11'753'292 | -11'753'292 | 5'205'814 | -5'205'814 |
| -19'707'299 | 11'914'087 | -11'914'087 | 5'249'914 | -5'249'914 |
| -19'027'737 | 12'046'841 | -12'046'841 | 5'284'124 | -5'284'124 |
| -18'348'175 | 12'061'123 | -12'061'123 | 5'288'796 | -5'288'796 |
| -17'668'613 | 12'049'923 | -12'049'923 | 5'282'700 | -5'282'700 |
| -16'989'051 | 12'013'743 | -12'013'743 | 5'268'161 | -5'268'161 |
| -16'309'489 | 11'952'106 | -11'952'106 | 5'245'392 | -5'245'392 |
| -15'629'927 | 11'865'394 | -11'865'394 | 5'214'900 | -5'214'900 |
| -14'950'365 | 11'753'457 | -11'753'457 | 5'176'981 | -5'176'981 |
| -14'270'803 | 11'616'261 | -11'616'261 | 5'132'093 | -5'132'093 |
| -13'591'241 | 11'453'772 | -11'453'772 | 5'070'620 | -5'070'620 |
| -12'911'679 | 11'266'127 | -11'266'127 | 4'987'976 | -4'987'976 |
| -12'232'117 | 11'053'370 | -11'053'370 | 4'896'371 | -4'896'371 |
| -11'552'555 | 10'815'137 | -10'815'137 | 4'796'119 | -4'796'119 |
| -10'872'993 | 10'551'652 | -10'551'652 | 4'687'845 | -4'687'845 |
| -10'193'431 | 10'263'244 | -10'263'244 | 4'572'036 | -4'572'036 |
| -9'513'869 | 9'949'613 | -9'949'613 | 4'449'257 | -4'449'257 |

| | | | | |
|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| -8'834'307 | 9'610'467 | -9'610'467 | 4'319'902 | -4'319'902 |
| -8'154'745 | 9'246'077 | -9'246'077 | 4'161'342 | -4'161'342 |
| -7'475'183 | 8'856'776 | -8'856'776 | 3'992'579 | -3'992'579 |
| -6'795'620 | 8'441'891 | -8'441'891 | 3'814'311 | -3'814'311 |
| -6'116'058 | 8'002'321 | -8'002'321 | 3'627'379 | -3'627'379 |
| -5'436'496 | 7'537'144 | -7'537'144 | 3'432'787 | -3'432'787 |
| -4'756'934 | 7'046'855 | -7'046'855 | 3'231'027 | -3'231'027 |
| -4'077'372 | 6'531'039 | -6'531'039 | 3'023'372 | -3'023'372 |
| -3'397'810 | 5'990'262 | -5'990'262 | 2'795'071 | -2'795'071 |
| -2'718'248 | 5'424'209 | -5'424'209 | 2'545'140 | -2'545'140 |
| -2'038'686 | 4'826'257 | -4'826'257 | 2'282'423 | -2'282'423 |
| -1'359'124 | 4'211'055 | -4'211'055 | 2'009'681 | -2'009'681 |
| -679'562 | 3'587'982 | -3'587'982 | 1'727'746 | -1'727'746 |
| 0 | 2'960'397 | -2'960'397 | 1'438'410 | -1'438'410 |
| 0 | 2'960'397 | -2'960'397 | 1'438'410 | -1'438'410 |
| 314'706 | 2'668'769 | -2'668'769 | 1'302'559 | -1'302'559 |
| 629'411 | 2'376'721 | -2'376'721 | 1'165'606 | -1'165'606 |
| 944'117 | 2'084'557 | -2'084'557 | 1'028'058 | -1'028'058 |
| 1'258'823 | 1'792'266 | -1'792'266 | 889'930 | -889'931 |
| 1'573'528 | 1'499'904 | -1'499'904 | 751'830 | -751'830 |
| 1'888'234 | 1'207'341 | -1'207'341 | 607'577 | -607'577 |
| 2'202'939 | 915'189 | -915'189 | 459'691 | -459'691 |
| 2'517'645 | 618'523 | -618'523 | 309'035 | -309'035 |
| 2'832'351 | 311'821 | -311'821 | 155'760 | -155'760 |
| 3'147'056 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3'147'056 | 0 | 0 | 0 | 0 |

LEGENDA:

| | |
|---------------------------|---|
| Dir | Direzione. |
| N | Sforzo Normale di progetto. |
| M_{Rd,max} | Momento Resistente Massimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y). |
| M_{Rd,min} | Momento Resistente Minimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y). |

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU

Pressoflessione Retta allo Stato Limite Ultimo

| Cmb | N _{Ed} | M _{Ed,x} | M _{Ed,y} | Dir X | | | | | Dir Y | | | | |
|-----|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------|----------------|-------------------|-----------------|
| | | | | M _{Rd,x} | CS | x _c | x _c /h | TP _f | M _{Rd,y} | CS | x _c | x _c /h | TP _f |
| | [N] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | | [m] | | | [Nm] | | [m] | | |
| 1 | -991450 | 3371850 | 0 | 3874736 | 1.15 | 0.109 | 0.06 | CLS | 0 | 41.13 | 0.005 | 0.07 | - |

LEGENDA:

| | |
|---|--|
| Cmb | Combinazione. |
| N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y} | Sollecitazioni di progetto. |
| Dir XY | Direzione. |
| M_{Rd,x}, M_{Rd,y} | Momento resistente in direzione X(Y). |
| CS | Coefficiente di sicurezza[NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta). |
| x_c | Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso della sezione. |
| x_c/h | Indice di duttilità. |
| TP_f | Tipologia di rottura: CLS = "lato calcestruzzo"; AC-C = "lato armatura metallica a compressione"; AC-T = "lato armatura metallica a trazione"; P-DL1 = "delaminazione di estremità del rinforzo FRP"; P-DL2 = "delaminazione intermedia del rinforzo FRP"; P-UL = "deformazione ultima FRP". |

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLE

Verifica delle Tensioni allo Stato Limite di Esercizio

| Cmb | N _{Ed} | M _{Ed,x} | M _{Ed,y} | Tipo | Dir X | | | | Dir Y | | | |
|-----|-----------------|-------------------|-------------------|------------|----------------|----------------------|----------------------|------|----------------|----------------------|----------------------|-------|
| | | | | | M ₀ | σ _{cc} | σ _{st} | CS | M ₀ | σ _{cc} | σ _{st} | CS |
| | [N] | [Nm] | [Nm] | | [Nm] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | [Nm] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | |
| 2 | -762650 | 2593730 | 0 | rara | 2'462'66 1 | -9.23 | 263.16 | 1.37 | 0 | -0.37 | 0.00 | 53.55 |
| 3 | -762650 | 2593730 | 0 | permanente | 2'462'66 1 | -9.23 | 263.16 | 1.62 | 0 | -0.37 | 0.00 | 40.16 |

LEGENDA:

| | |
|---|--|
| Cmb | Combinazione. |
| N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y} | Sollecitazioni di progetto. |
| Tipo | Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio. |
| Dir X/Dir Y | Direzione. |
| M₀ | Momento di prima fessurazione. |
| σ_{cc} | Tensione di compressione nel calcestruzzo. |
| σ_{st} | Tensione di trazione nell'acciaio. |
| CS | Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta). |

VERIFICA A TAGLIO

| Verifiche a Taglio | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------|------|------|------|-----|-----------------|------------------|--------------------|-------|--------------------|---|
| Cmb | N _{Ed} | CS | d | s | Dir | V _{Ed} | V _{Rcd} | V _{Rsd,s} | Ctg ⊙ | A _{sw,p} | n |
| | [N] | | [mm] | [cm] | | [N] | [N] | [N] | | [mm ²] | |
| 1 | -991450 | 6.05 | 24 | 20 | x-x | 0 | 0 | 1472114 | 1.000 | 0.00 | 2 |
| | | | | | y-y | -1383300 | -8367368 | 3065312 | 1.000 | 0.00 | 2 |

LEGENDA:

| | |
|--------------------------|--|
| Cmb | Combinazione. |
| N_{Ed} | Sforzo Normale di progetto. |
| CS | Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta). |
| d | Diametro delle staffe. |
| s | Passo delle staffe. |
| Dir | Direzione. |
| V_{Ed} | Taglio di progetto. |
| V_{Rcd} | Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo. |
| V_{Rsd,s} | Resistenza a taglio trazione delle staffe. |
| Ctg ⊙ | Cotangente dell'angolo ⊙utilizzata nella verifica. |
| A_{sw,p} | Area dei ferri piegati. |
| n | Numero di bracci delle staffe. |

Esito della verifica: la verifica di resistenza richiesta risulta globalmente **Soddisfatta**.

7 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

| | |
|------------------------------|---|
| Nome del Software | Calcolus-SEZIONE |
| Versione | 6.00a |
| Caratteristiche del Software | Software per la verifica di resistenza delle sezioni con la schematizzazione a fibre per Windows |
| Produzione e Distribuzione | ACCA software S.p.A. Contrada Rosole, 13 83043 Bagnoli Irpino (AV) Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it |

Fornovo di Taro, 02/12/2021

Il *Tecnico*

...

Allegato 2

Dimensionamento e verifica sezione fondazione 2m

1 - PREMESSA

Scopo della presente relazione tecnica è la valutazione analitica della capacità portante di un elemento strutturale in **CALCESTRUZZO ARMATO**.

La metodologia di calcolo usata per la valutazione della Resistenza strutturale dell'elemento è quella della discretizzazione in **fibre** della sezione. In pratica, la sezione viene suddivisa in un numero discreto di elementini, di dimensione quasi infinitesimale, ognuno di essi caratterizzati da un determinato tipo di materiale con le proprie caratteristiche meccaniche. Per ogni fibra è possibile ricavare, in funzione dei legami costitutivi e delle proprietà meccaniche del materiale, lo stato deformativo e tensionale.

In funzione dello stato deformativo-tensionale delle varie fibre che costituiscono la sezione è possibile ricavare le sollecitazioni resistenti per i meccanismi di verifica considerati.

Per ogni meccanismo resistente considerato, il confronto tra Resistenza e valore di Progetto fornisce il coefficiente di sicurezza (CS).

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

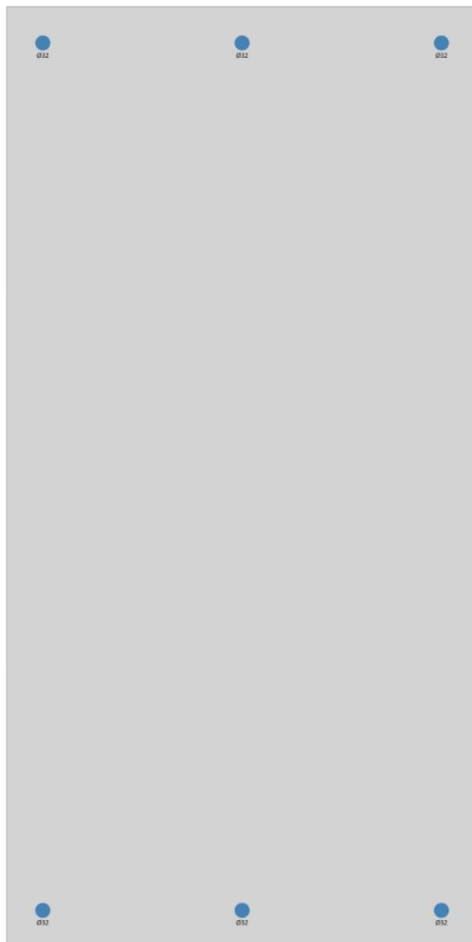
- **D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) - "Aggiornamento delle *Norme tecniche per le Costruzioni*" (NTC 18).

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*
- **Eurocodice 2** - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo - UNI EN 1992 Parte 1-1: *Regole generali e regole per edifici*".

3 - GEOMETRIA SEZIONE

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione oggetto di verifica. È stato adottato un copriferro, misurato dal lembo più esterno delle barre longitudinali al lato della sezione in calcestruzzo (comprendente, quindi, il diametro delle staffe), pari a **6,0** cm.



SEZIONE

| Caratteristiche della sezione | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------|-------|-----------------|----------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Tp | Dimensioni | | | | | | | | A |
| | B | H | Sp _w | H _w | Sp _{r,i} | L _{r,i} | Sp _{r,s} | L _{r,s} | |
| | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm ²] |
| Rettangolare | 100.0 | 200.0 | - | - | - | - | - | - | 20'000.0 |

LEGENDA:

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| Tp | Tipo di sezione. |
| B | Base. |
| H | Altezza/Lato. |
| Sp_w | Spessore anima. |
| H_w | Altezza anima. |
| Sp_{r,i} | Spessore ala inferiore. |
| L_{r,i} | Lunghezza ala inferiore. |
| Sp_{r,s} | Spessore ala superiore. |
| L_{r,s} | Lunghezza ala superiore. |
| A | Area della sezione. |

4 - MATERIALI

La sezione oggetto della verifica è costituita dai seguenti materiali:

CALCESTRUZZO

| Caratteristiche Calcestruzzo | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|----|----------------------|---------------|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Sigla | γ_k | FC | E_c | α_{cc} | γ_c | f_{cm} | f_{ck} | $f_{cd,SLU}$ | $f_{cd,SLE R}$ | $f_{cd,SLE P}$ | f_{ctd} | Mod. σ_8 | ϵ_{c2} | ϵ_{c3} | ϵ_{cu} |
| | [N/m ³] | | [N/mm ²] | | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | [%] | [%] | [%] |
| C32/40 | 25000 | - | 33'643 | 0.85 | 1.50 | - | 33.20 | 18.81 | 19.92 | 14.94 | 1.45 | a | 0.20 | 0.18 | 0.35 |

LEGENDA:

| | |
|-----------------------------------|---|
| Sigla | Sigla del materiale. |
| γ_k | Peso specifico caratteristico. |
| FC | Fattore di Confidenza ("-" = struttura nuova). |
| E_c | Modulo elastico. |
| α_{cc} | Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata. |
| γ_c | Coefficiente parziale di sicurezza. |
| f_{cm} | Resistenza media cilindrica a compressione a 28 giorni. |
| f_{ck} | Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28 giorni. |
| $f_{cd,SLU}$ | Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLU. |
| $f_{cd,SLE R}$ | Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Rare. |
| $f_{cd,SLE P}$ | Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Permanenti. |
| f_{ctd} | Resistenza di calcolo a trazione. |
| Mod. σ_8 | Modello del diagramma tensione-deformazione: (a) parabola-rettangolo; (b) triangolo-rettangolo. |
| ϵ_{c2} | Deformazione al limite elastico per il diagramma parabola-rettangolo. |
| ϵ_{c3} | Deformazione al limite elastico per il diagramma triangolo-rettangolo. |
| ϵ_{cu} | Deformazione ultima. |

ACCIAIO

| Caratteristiche Acciaio | | | | | |
|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|------|------------|
| Sigla | γ_k | E | f_{yk} | K | γ_M |
| | [N/m ³] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | |
| B450C | 78500 | 210000 | 450.00 | 1.20 | 1.15 |

LEGENDA:

| | |
|--------------|---|
| Sigla | Sigla del materiale. |
| γ_k | Peso specifico caratteristico. |
| E | Modulo elastico normale. |
| f_{yk} | Resistenza caratteristica allo snervamento. |
| K | Rapporto di Sovraresistenza. |
| γ_M | Coefficiente parziale di sicurezza. |

5 - AZIONI

Le azioni sull'elemento strutturale, in base alle quali sono state eseguite le verifiche di resistenza, sono riportate nella seguente tabella:

SOLLECITAZIONI

| Sollecitazioni | | | | | | | | | |
|----------------|-----|------------|---------|------------|------------|-------|-------|---------|-----|
| Cmb | SL | Tipo | N | $M_{Ed,X}$ | $M_{Ed,Y}$ | M_z | T_x | T_y | Pos |
| | | | [N] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | [N] | [N] | |
| 1 | SLU | - | -268000 | 989577 | 0 | 0 | 0 | -554502 | I |
| 2 | SLE | rara | -268000 | 739000 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| 3 | SLE | permanente | -268000 | 739000 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |

LEGENDA:

| | |
|------------|---|
| Cmb | Combinazione. |
| SL | Stato Limite (SLU=Ultimo; SLE=Esercizio; ECC=Combinazione Eccezionale). |

| | |
|-------------------------|---|
| Tipo | Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio. |
| N | Sforzo Normale. |
| M_{Ed,x} | Momento di Progetto in direzione X. |
| M_{Ed,y} | Momento di Progetto in direzione Y. |
| M_z | Momento Torcente |
| T_x | Taglio in direzione X. |
| T_y | Taglio in direzione Y. |
| Pos | Posizione rispetto al dominio di resistenza (I=Interno; E=Esterno). |

6 - VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza e i domini di resistenza. Inoltre, si riporta il diagramma momento curvatura.

DIAGRAMMA MOMENTO-CURVATURA

| Diagramma momento-curvatura | | | | | | | |
|--|--------|--|--------|---|--------|---|--------|
| N = -268000 | | | | | | | |
| Dir X+ | | Dir X- | | Dir Y+ | | Dir Y- | |
| M _{Rd} = 2043915 ϕ_u = 0.0452; M _y = 1956746 ϕ_y = 0.0012 | | M _{Rd} = -2043915 ϕ_u = 0.0452; M _y = -1956746 ϕ_y = 0.0012 | | M _{Rd} = 1007585 ϕ_u = 0.0582; M _y = 789740 ϕ_y = 0.0024 | | M _{Rd} = -1007585 ϕ_u = 0.0582; M _y = -789740 ϕ_y = 0.0024 | |
| M | ϕ | M | ϕ | M | ϕ | M | ϕ |
| [Nm] | [1/m] | [Nm] | [1/m] | [Nm] | [1/m] | [Nm] | [1/m] |
| 13364 | 0.0000 | -13364 | 0.0000 | 3246 | 0.0000 | -3246 | 0.0000 |
| 13364 | 0.0000 | -13364 | 0.0000 | 3246 | 0.0000 | -3246 | 0.0000 |
| 1757407 | 0.0010 | -1757407 | 0.0010 | 736402 | 0.0023 | -736402 | 0.0023 |
| 1956746 | 0.0012 | -1956746 | 0.0012 | 789445 | 0.0024 | -789445 | 0.0024 |
| 1956846 | 0.0012 | -1956846 | 0.0012 | 789740 | 0.0024 | -789740 | 0.0024 |
| 2027996 | 0.0100 | -2027996 | 0.0100 | 976051 | 0.0100 | -976051 | 0.0100 |
| 2027990 | 0.0100 | -2027990 | 0.0100 | 976051 | 0.0100 | -976051 | 0.0100 |
| 2037915 | 0.0200 | -2037915 | 0.0200 | 990353 | 0.0200 | -990353 | 0.0200 |
| 2041771 | 0.0300 | -2041771 | 0.0300 | 998158 | 0.0300 | -998158 | 0.0300 |
| 2043374 | 0.0400 | -2043374 | 0.0400 | 1002685 | 0.0400 | -1002686 | 0.0400 |
| 2043915 | 0.0452 | -2043915 | 0.0452 | 1005696 | 0.0500 | -1005696 | 0.0500 |
| 2021008 | 0.0552 | -2021008 | 0.0552 | 1007585 | 0.0582 | -1007585 | 0.0582 |
| 2011697 | 0.0652 | -2011697 | 0.0652 | 968919 | 0.0682 | -968919 | 0.0682 |
| 2003924 | 0.0752 | -2003924 | 0.0752 | 952309 | 0.0782 | -952309 | 0.0782 |
| 1997907 | 0.0852 | -1997907 | 0.0852 | 937966 | 0.0882 | -937966 | 0.0882 |
| 1998007 | 0.0952 | -1998007 | 0.0952 | 925873 | 0.0982 | -925873 | 0.0982 |
| 1998110 | 0.1052 | -1998110 | 0.1052 | 926046 | 0.1082 | -926046 | 0.1082 |
| 1993907 | 0.1152 | -1993907 | 0.1152 | 916939 | 0.1182 | -916939 | 0.1182 |
| 1994002 | 0.1252 | -1994002 | 0.1252 | 917061 | 0.1282 | -917061 | 0.1282 |
| 1994101 | 0.1352 | -1994101 | 0.1352 | 917192 | 0.1382 | -917192 | 0.1382 |
| 1994202 | 0.1452 | -1994202 | 0.1452 | 917317 | 0.1482 | -917317 | 0.1482 |
| 1994306 | 0.1552 | -1994306 | 0.1552 | | | | |
| 1994421 | 0.1652 | -1994421 | 0.1652 | | | | |
| 1991829 | 0.1752 | -1991829 | 0.1752 | | | | |
| 1991829 | 0.1852 | -1991829 | 0.1852 | | | | |
| 1991831 | 0.1952 | -1991831 | 0.1952 | | | | |
| 1991829 | 0.2052 | -1991829 | 0.2052 | | | | |
| 1991829 | 0.2152 | -1991829 | 0.2152 | | | | |
| 1991829 | 0.2252 | -1991829 | 0.2252 | | | | |
| 1991828 | 0.2352 | -1991828 | 0.2352 | | | | |
| 1991826 | 0.2452 | -1991826 | 0.2452 | | | | |
| 1991823 | 0.2552 | -1991823 | 0.2552 | | | | |
| 1991829 | 0.2652 | -1991829 | 0.2652 | | | | |
| 1991830 | 0.2752 | -1991830 | 0.2752 | | | | |

| | | | | | | | |
|---------|--------|----------|--------|--|--|--|--|
| 1991830 | 0.2852 | -1991830 | 0.2852 | | | | |
| 1991830 | 0.2952 | -1991830 | 0.2952 | | | | |

LEGENDA:

| | |
|-----------------------|-----------------------------|
| N | Sforzo Normale di progetto. |
| Dir | Direzione. |
| ϕ | Curvatura di calcolo. |
| M | Momento associato a ϕ |
| ϕ_u | Curvatura Ultima. |
| M_{Rd} | Momento Ultimo. |
| ϕ_y | Curvatura allo Snervamento. |
| M_y | Momento di Snervamento. |

Diagramma del Dominio di Resistenza

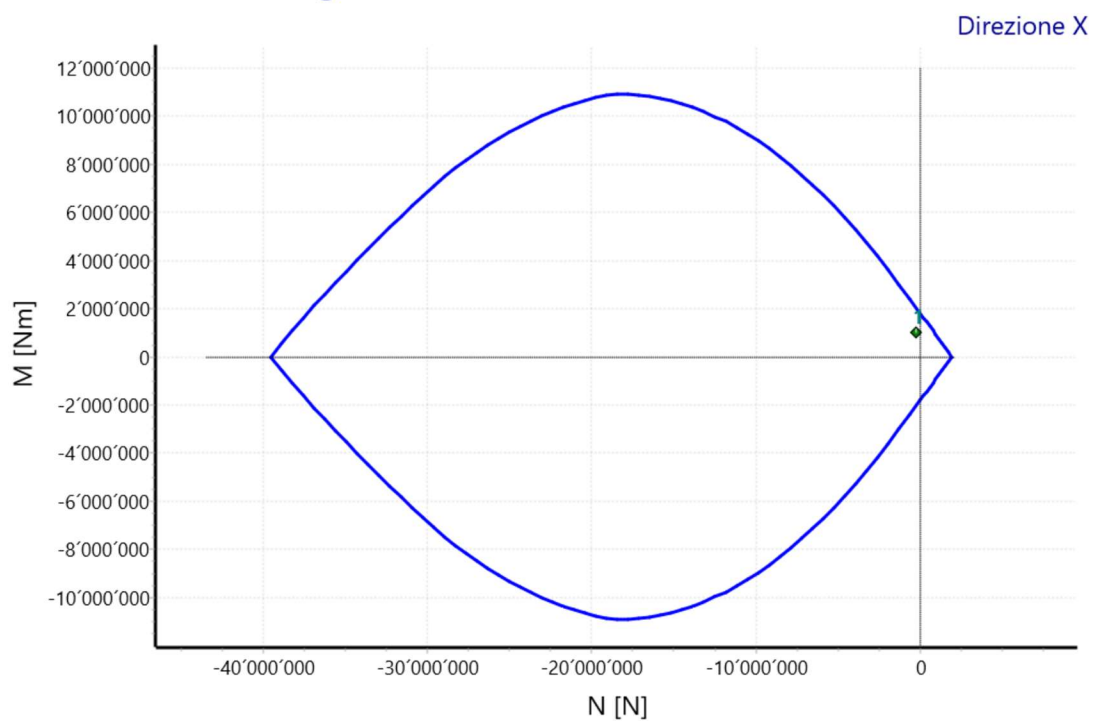
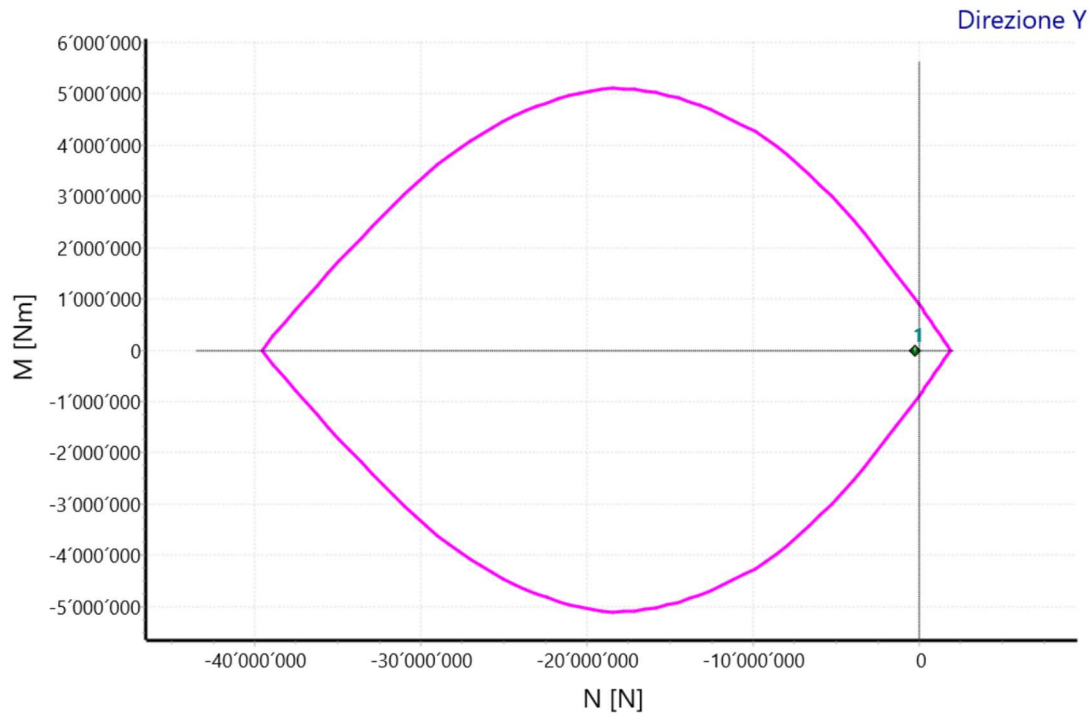


Diagramma del Dominio di Resistenza



Tutti i punti rappresentativi delle sollecitazioni agenti ricadono all'interno del dominio di resistenza della sezione.

DOMINIO DI RESISTENZA

| Dominio di resistenza | | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| N | Dir X | | Dir Y | |
| | M _{Rd,max} | M _{Rd,min} | M _{Rd,max} | M _{Rd,min} |
| [N] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | [Nm] |
| -39'514'900 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -39'514'900 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -39'514'900 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -38'856'319 | 575'123 | -575'123 | 276'678 | -276'678 |
| -38'197'737 | 1'105'817 | -1'105'817 | 535'184 | -535'184 |
| -37'539'155 | 1'617'273 | -1'617'273 | 784'221 | -784'221 |
| -36'880'574 | 2'115'550 | -2'115'550 | 1'026'578 | -1'026'578 |
| -36'221'992 | 2'602'234 | -2'602'234 | 1'264'394 | -1'264'394 |
| -35'563'410 | 3'079'495 | -3'079'495 | 1'499'555 | -1'499'555 |
| -34'904'829 | 3'551'478 | -3'551'478 | 1'730'854 | -1'730'854 |
| -34'246'247 | 4'016'491 | -4'016'491 | 1'959'532 | -1'959'532 |
| -33'587'665 | 4'477'443 | -4'477'443 | 2'184'808 | -2'184'808 |
| -32'929'084 | 4'933'162 | -4'933'162 | 2'404'828 | -2'404'828 |
| -32'270'502 | 5'385'110 | -5'385'110 | 2'623'168 | -2'623'168 |
| -31'611'920 | 5'833'664 | -5'833'664 | 2'840'144 | -2'840'144 |
| -30'953'339 | 6'273'703 | -6'273'703 | 3'048'332 | -3'048'332 |
| -30'294'757 | 6'693'357 | -6'693'357 | 3'247'128 | -3'247'128 |
| -29'636'175 | 7'092'416 | -7'092'416 | 3'433'818 | -3'433'818 |
| -28'977'594 | 7'469'859 | -7'469'859 | 3'611'468 | -3'611'468 |

| | | | | |
|-------------|------------|-------------|-----------|------------|
| -28'319'012 | 7'829'348 | -7'829'348 | 3'777'986 | -3'777'985 |
| -27'660'430 | 8'167'241 | -8'167'241 | 3'934'151 | -3'934'150 |
| -27'001'849 | 8'486'082 | -8'486'082 | 4'080'648 | -4'080'648 |
| -26'343'267 | 8'785'335 | -8'785'335 | 4'216'606 | -4'216'606 |
| -25'684'685 | 9'064'554 | -9'064'554 | 4'342'356 | -4'342'356 |
| -25'026'104 | 9'326'164 | -9'326'164 | 4'458'719 | -4'458'719 |
| -24'367'522 | 9'568'423 | -9'568'423 | 4'565'439 | -4'565'439 |
| -23'708'940 | 9'792'310 | -9'792'310 | 4'662'469 | -4'662'469 |
| -23'050'359 | 9'998'956 | -9'998'956 | 4'749'964 | -4'749'964 |
| -22'391'777 | 10'186'885 | -10'186'885 | 4'828'248 | -4'828'248 |
| -21'733'195 | 10'358'187 | -10'358'187 | 4'897'517 | -4'897'517 |
| -21'074'614 | 10'513'255 | -10'513'255 | 4'957'739 | -4'957'739 |
| -20'416'032 | 10'651'961 | -10'651'961 | 5'009'389 | -5'009'389 |
| -19'757'450 | 10'775'135 | -10'775'135 | 5'052'582 | -5'052'582 |
| -19'098'869 | 10'880'841 | -10'880'841 | 5'087'625 | -5'087'625 |
| -18'440'287 | 10'897'407 | -10'897'407 | 5'110'093 | -5'110'093 |
| -17'781'705 | 10'890'397 | -10'890'397 | 5'103'741 | -5'103'741 |
| -17'123'124 | 10'859'733 | -10'859'733 | 5'086'829 | -5'086'829 |
| -16'464'542 | 10'805'221 | -10'805'221 | 5'059'569 | -5'059'569 |
| -15'805'960 | 10'727'143 | -10'727'143 | 5'022'056 | -5'022'056 |
| -15'147'379 | 10'625'397 | -10'625'397 | 4'974'423 | -4'974'423 |
| -14'488'797 | 10'499'544 | -10'499'544 | 4'916'918 | -4'916'918 |
| -13'830'215 | 10'350'614 | -10'350'614 | 4'849'748 | -4'849'748 |
| -13'171'633 | 10'177'636 | -10'177'636 | 4'773'211 | -4'773'211 |
| -12'513'052 | 9'981'216 | -9'981'216 | 4'687'574 | -4'687'574 |
| -11'854'470 | 9'760'985 | -9'760'985 | 4'593'164 | -4'593'164 |
| -11'195'888 | 9'517'123 | -9'517'123 | 4'490'457 | -4'490'457 |
| -10'537'307 | 9'249'351 | -9'249'351 | 4'379'806 | -4'379'806 |
| -9'878'725 | 8'957'919 | -8'957'919 | 4'261'682 | -4'261'682 |
| -9'220'143 | 8'642'590 | -8'642'590 | 4'133'498 | -4'133'498 |
| -8'561'562 | 8'304'605 | -8'304'605 | 3'975'412 | -3'975'412 |
| -7'902'980 | 7'941'984 | -7'941'984 | 3'805'488 | -3'805'488 |
| -7'244'398 | 7'555'486 | -7'555'486 | 3'623'683 | -3'623'683 |
| -6'585'817 | 7'145'908 | -7'145'908 | 3'430'338 | -3'430'338 |
| -5'927'235 | 6'712'580 | -6'712'580 | 3'225'004 | -3'225'004 |
| -5'268'653 | 6'255'244 | -6'255'244 | 3'007'555 | -3'007'555 |
| -4'610'072 | 5'774'000 | -5'774'000 | 2'778'396 | -2'778'396 |
| -3'951'490 | 5'269'621 | -5'269'621 | 2'535'434 | -2'535'434 |
| -3'292'908 | 4'741'433 | -4'741'433 | 2'280'600 | -2'280'600 |
| -2'634'327 | 4'189'446 | -4'189'446 | 2'016'439 | -2'016'439 |
| -1'975'745 | 3'608'832 | -3'608'832 | 1'743'368 | -1'743'368 |
| -1'317'163 | 3'012'048 | -3'012'048 | 1'463'493 | -1'463'493 |
| -658'582 | 2'405'957 | -2'405'957 | 1'178'296 | -1'178'297 |
| 0 | 1'794'818 | -1'794'818 | 889'922 | -889'922 |
| 0 | 1'794'818 | -1'794'818 | 889'922 | -889'922 |
| 188'823 | 1'619'085 | -1'619'086 | 807'088 | -807'088 |
| 377'647 | 1'443'322 | -1'443'322 | 723'910 | -723'910 |
| 566'470 | 1'267'422 | -1'267'422 | 636'956 | -636'956 |
| 755'294 | 1'091'408 | -1'091'408 | 548'701 | -548'701 |
| 944'117 | 915'619 | -915'620 | 459'690 | -459'690 |
| 1'132'940 | 739'583 | -739'583 | 369'772 | -369'772 |
| 1'321'764 | 557'603 | -557'603 | 278'437 | -278'438 |
| 1'510'587 | 373'828 | -373'828 | 186'922 | -186'922 |
| 1'699'410 | 187'872 | -187'873 | 93'470 | -93'470 |
| 1'888'234 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1'888'234 | 0 | 0 | 0 | 0 |

LEGENDA:

Dir
N

Direzione.
Sforzo Normale di progetto.

$M_{Rd,max}$
 $M_{Rd,min}$

Momento Resistente Massimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).
Momento Resistente Minimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU

| Pressoflessione Retta allo Stato Limite Ultimo | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|------------|------------|------------|------|-------|---------|-----------------|------------|----|-------|---------|-----------------|
| Cmb | N_{Ed} | $M_{Ed,x}$ | $M_{Ed,y}$ | Dir X | | | | | Dir Y | | | | |
| | | | | $M_{Rd,x}$ | CS | x_c | x_c/h | TP _f | $M_{Rd,y}$ | CS | x_c | x_c/h | TP _f |
| | [N] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | | [m] | | | [Nm] | | [m] | | |
| 1 | -268000 | 989577 | 0 | 2043915 | 2.07 | 0.077 | 0.04 | CLS | 0 | NS | 0.005 | 0.07 | - |

LEGENDA:

Cmb Combinazione.
 N_{Ed} , $M_{Ed,x}$, $M_{Ed,y}$ Sollecitazioni di progetto.
Dir XY Direzione.
 $M_{Rd,x}$, $M_{Rd,y}$ Momento resistente in direzione X(Y).
CS Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
 x_c Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso della sezione.
 x_c/h Indice di duttilità.
TP_f Tipologia di rottura: CLS = "lato calcestruzzo"; AC-C = "lato armatura metallica a compressione"; AC-T = "lato armatura metallica a trazione"; P-DL1 = "delaminazione di estremità del rinforzo FRP"; P-DL2 = "delaminazione intermedia del rinforzo FRP"; P-UL = "deformazione ultima FRP".

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLE

| Verifica delle Tensioni allo Stato Limite di Esercizio | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-------------------|-------------------|------------|----------------|-----------------|-----------------|-------|----------------|-----------------|-----------------|----|
| Cmb | N _{Ed} | M _{Ed,x} | M _{Ed,y} | Tipo | Dir X | | | | Dir Y | | | |
| | | | | | M ₀ | σ _{cc} | σ _{st} | CS | M ₀ | σ _{cc} | σ _{st} | CS |
| | [N] | [Nm] | [Nm] | | [Nm] | [N/mm²] | [N/mm²] | | [Nm] | [N/mm²] | [N/mm²] | |
| 2 | -268000 | 739000 | 0 | rara | 2'237'00 3 | -1.19 | 5.33 | 16.68 | 0 | -0.13 | 0.00 | NS |
| 3 | -268000 | 739000 | 0 | permanente | 2'237'00 3 | -1.19 | 5.33 | 12.51 | 0 | -0.13 | 0.00 | NS |

LEGENDA:

Cmb Combinazione.
 N_{Ed} , $M_{Ed,x}$, $M_{Ed,y}$ Sollecitazioni di progetto.
Tipo Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio.
Dir X/Dir Y Direzione.
 M_0 Momento di prima fessurazione.
 σ_{cc} Tensione di compressione nel calcestruzzo.
 σ_{st} Tensione di trazione nell'acciaio.
CS Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).

VERIFICA A TAGLIO

| Verifiche a Taglio | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------|-------|------|------|-----|----------|-----------|-------------|--------------|--------------------|---|
| Cmb | N_{Ed} | CS | d | s | Dir | V_{Ed} | V_{Rcd} | $V_{Rsd,s}$ | Ctg θ | $A_{sw,p}$ | n |
| | [N] | | [mm] | [cm] | | [N] | [N] | [N] | | [mm ²] | |
| 1 | -268000 | 14.80 | 24 | 20 | x-x | 0 | 0 | 1472114 | 1.000 | 0.00 | 2 |
| | | | | | y-y | -554502 | -8204592 | 3065312 | 1.000 | 0.00 | 2 |

LEGENDA:

Cmb Combinazione.
 N_{Ed} Sforzo Normale di progetto.
CS Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
d Diametro delle staffe.
s Passo delle staffe.
Dir Direzione.
 V_{Ed} Taglio di progetto.
 V_{Rcd} Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo.
 $V_{Rsd,s}$ Resistenza a taglio trazione delle staffe.
Ctg θ Cotangente dell'angolo θ utilizzata nella verifica.
 $A_{sw,p}$ Area dei ferri piegati.
n Numero di bracci delle staffe.

Esito della verifica: la verifica di resistenza richiesta risulta globalmente **Soddisfatta**.

7 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

| | |
|------------------------------|---|
| Nome del Software | Calcolus-SEZIONE |
| Versione | 6.00a |
| Caratteristiche del Software | Software per la verifica di resistenza delle sezioni con la schematizzazione a fibre per Windows |
| Produzione e Distribuzione | ACCA software S.p.A. Contrada Rosole, 13 83043 Bagnoli Irpino (AV) Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it |

Fornovo di Taro, 02/12/2021

Il *Tecnico*

...

Allegato 3

Dimensionamento e verifica sezione incastro paramento verticale

1 - PREMESSA

Scopo della presente relazione tecnica è la valutazione analitica della capacità portante di un elemento strutturale in **CALCESTRUZZO ARMATO**.

La metodologia di calcolo usata per la valutazione della Resistenza strutturale dell'elemento è quella della discretizzazione in **fibre** della sezione. In pratica, la sezione viene suddivisa in un numero discreto di elementini, di dimensione quasi infinitesimale, ognuno di essi caratterizzati da un determinato tipo di materiale con le proprie caratteristiche meccaniche. Per ogni fibra è possibile ricavare, in funzione dei legami costitutivi e delle proprietà meccaniche del materiale, lo stato deformativo e tensionale.

In funzione dello stato deformativo-tensionale delle varie fibre che costituiscono la sezione è possibile ricavare le sollecitazioni resistenti per i meccanismi di verifica considerati.

Per ogni meccanismo resistente considerato, il confronto tra Resistenza e valore di Progetto fornisce il coefficiente di sicurezza (CS).

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

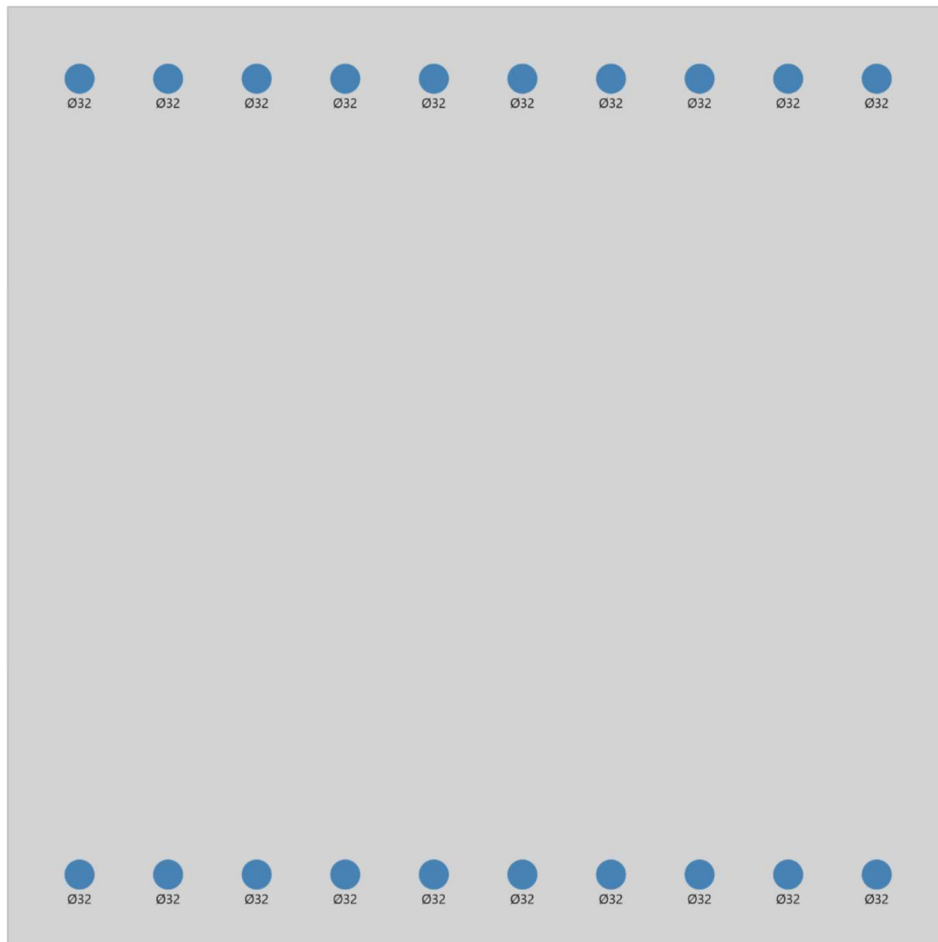
- **D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) - "Aggiornamento delle *Norme tecniche per le Costruzioni*" (NTC 18).

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*
- **Eurocodice 2** - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo - UNI EN 1992 Parte 1-1: *Regole generali e regole per edifici*".

3 - GEOMETRIA SEZIONE

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione oggetto di verifica. È stato adottato un copriferro, misurato dal lembo più esterno delle barre longitudinali al lato della sezione in calcestruzzo (comprendente, quindi, il diametro delle staffe), pari a **6,0** cm.



SEZIONE

| Caratteristiche della sezione | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------|-------|-----------------|----------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|----------|
| Tp | Dimensioni | | | | | | | | A |
| | B | H | Sp _w | H _w | Sp _{r,i} | L _{r,i} | Sp _{r,s} | L _{r,s} | |
| | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | |
| Rettangolare | 100.0 | 100.0 | - | - | - | - | - | - | 10'000.0 |

LEGENDA:

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| Tp | Tipo di sezione. |
| B | Base. |
| H | Altezza/Lato. |
| Sp_w | Spessore anima. |
| H_w | Altezza anima. |
| Sp_{r,i} | Spessore ala inferiore. |
| L_{r,i} | Lunghezza ala inferiore. |
| Sp_{r,s} | Spessore ala superiore. |
| L_{r,s} | Lunghezza ala superiore. |
| A | Area della sezione. |

4 - MATERIALI

La sezione oggetto della verifica è costituita dai seguenti materiali:

CALCESTRUZZO

| Caratteristiche Calcestruzzo | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|----|----------------------|---------------|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Sigla | γ_k | FC | E_c | α_{cc} | γ_c | f_{cm} | f_{ck} | $f_{cd,SLU}$ | $f_{cd,SLE R}$ | $f_{cd,SLE P}$ | f_{ctd} | Mod. σ_8 | ϵ_{c2} | ϵ_{c3} | ϵ_{cu} |
| | [N/m ³] | | [N/mm ²] | | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | [%] | [%] | [%] |
| C32/40 | 25000 | - | 33'643 | 0.85 | 1.50 | - | 33.20 | 18.81 | 19.92 | 14.94 | 1.45 | a | 0.20 | 0.18 | 0.35 |

LEGENDA:

| | |
|-----------------------------------|---|
| Sigla | Sigla del materiale. |
| γ_k | Peso specifico caratteristico. |
| FC | Fattore di Confidenza ("-" = struttura nuova). |
| E_c | Modulo elastico. |
| α_{cc} | Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata. |
| γ_c | Coefficiente parziale di sicurezza. |
| f_{cm} | Resistenza media cilindrica a compressione a 28 giorni. |
| f_{ck} | Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28 giorni. |
| $f_{cd,SLU}$ | Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLU. |
| $f_{cd,SLE R}$ | Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Rare. |
| $f_{cd,SLE P}$ | Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Permanenti. |
| f_{ctd} | Resistenza di calcolo a trazione. |
| Mod. σ_8 | Modello del diagramma tensione-deformazione: (a) parabola-rettangolo; (b) triangolo-rettangolo. |
| ϵ_{c2} | Deformazione al limite elastico per il diagramma parabola-rettangolo. |
| ϵ_{c3} | Deformazione al limite elastico per il diagramma triangolo-rettangolo. |
| ϵ_{cu} | Deformazione ultima. |

ACCIAIO

| Caratteristiche Acciaio | | | | | |
|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|------|------------|
| Sigla | γ_k | E | f_{yk} | K | γ_M |
| | [N/m ³] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | |
| B450C | 78500 | 210000 | 450.00 | 1.20 | 1.15 |

LEGENDA:

| | |
|--------------|---|
| Sigla | Sigla del materiale. |
| γ_k | Peso specifico caratteristico. |
| E | Modulo elastico normale. |
| f_{yk} | Resistenza caratteristica allo snervamento. |
| K | Rapporto di Sovraresistenza. |
| γ_M | Coefficiente parziale di sicurezza. |

5 - AZIONI

Le azioni sull'elemento strutturale, in base alle quali sono state eseguite le verifiche di resistenza, sono riportate nella seguente tabella:

SOLLECITAZIONI

| Sollecitazioni | | | | | | | | | |
|----------------|-----|------------|----------|------------|------------|-------|-------|--------|-----|
| Cmb | SL | Tipo | N | $M_{Ed,X}$ | $M_{Ed,Y}$ | M_z | T_x | T_y | Pos |
| | | | [N] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | [N] | [N] | |
| 1 | SLU | - | -1549960 | 2208380 | 0 | 0 | 0 | 616940 | I |
| 2 | SLE | rara | -1549960 | 1698760 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| 3 | SLE | permanente | -1549960 | 1698760 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |

LEGENDA:

| | |
|------------|---|
| Cmb | Combinazione. |
| SL | Stato Limite (SLU=Ultimo; SLE=Esercizio; ECC=Combinazione Eccezionale). |

| | |
|-------------------------|---|
| Tipo | Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio. |
| N | Sforzo Normale. |
| M_{Ed,X} | Momento di Progetto in direzione X. |
| M_{Ed,Y} | Momento di Progetto in direzione Y. |
| M_z | Momento Torcente |
| T_x | Taglio in direzione X. |
| T_y | Taglio in direzione Y. |
| Pos | Posizione rispetto al dominio di resistenza (I=Interno; E=Esterno). |

6 - VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza e i domini di resistenza. Inoltre, si riporta il diagramma momento curvatura.

DIAGRAMMA MOMENTO-CURVATURA

| Diagramma momento-curvatura | | | | | | | |
|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|
| N = -1549960 | | | | | | | |
| Dir X+ | | Dir X- | | Dir Y+ | | Dir Y- | |
| M _{Rd} = 3365866 $\phi_u = 0.0256$; M _y = 3169183 $\phi_y = 0.0033$ | | M _{Rd} = -3365866 $\phi_u = 0.0256$; M _y = -3169183 $\phi_y = 0.0033$ | | M _{Rd} = 2792118 $\phi_u = 0.0121$; M _y = 1988959 $\phi_y = 0.0033$ | | M _{Rd} = -2792118 $\phi_u = 0.0121$; M _y = -1988958 $\phi_y = 0.0033$ | |
| M | ϕ | M | ϕ | M | ϕ | M | ϕ |
| [Nm] | [1/m] | [Nm] | [1/m] | [Nm] | [1/m] | [Nm] | [1/m] |
| 2119 | 0.0000 | -2119 | 0.0000 | 1759 | 0.0000 | -1759 | 0.0000 |
| 2119 | 0.0000 | -2119 | 0.0000 | 963964 | 0.0012 | -963964 | 0.0012 |
| 2585821 | 0.0026 | -2585821 | 0.0026 | 1578514 | 0.0024 | -1578514 | 0.0024 |
| 3168204 | 0.0033 | -3168204 | 0.0033 | 1578514 | 0.0024 | -1578514 | 0.0024 |
| 3169183 | 0.0033 | -3169183 | 0.0033 | 1985152 | 0.0033 | -1985152 | 0.0033 |
| 3325401 | 0.0100 | -3325401 | 0.0100 | 1988811 | 0.0033 | -1988811 | 0.0033 |
| 3325400 | 0.0100 | -3325400 | 0.0100 | 1988959 | 0.0033 | -1988958 | 0.0033 |
| 3359230 | 0.0200 | -3359230 | 0.0200 | 2110510 | 0.0036 | -2110510 | 0.0036 |
| 3365866 | 0.0256 | -3365866 | 0.0256 | 2110509 | 0.0036 | -2110509 | 0.0036 |
| 3331577 | 0.0356 | -3331577 | 0.0356 | 2397001 | 0.0048 | -2397001 | 0.0048 |
| | | | | 2556192 | 0.0061 | -2556192 | 0.0061 |
| | | | | 2650753 | 0.0073 | -2650752 | 0.0073 |
| | | | | 2711396 | 0.0085 | -2711395 | 0.0085 |
| | | | | 2743871 | 0.0097 | -2743871 | 0.0097 |
| | | | | 2773067 | 0.0109 | -2773066 | 0.0109 |
| | | | | 2792118 | 0.0121 | -2792118 | 0.0121 |
| | | | | 2582617 | 0.0133 | -2582616 | 0.0133 |

LEGENDA:

| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| N | Sforzo Normale di progetto. |
| Dir | Direzione. |
| ϕ | Curvatura di calcolo. |
| M | Momento associato a ϕ |
| ϕ_u | Curvatura Ultima. |
| M_{Rd} | Momento Ultimo. |
| ϕ_y | Curvatura allo Snervamento. |
| M_y | Momento di Snervamento. |

Diagramma del Dominio di Resistenza

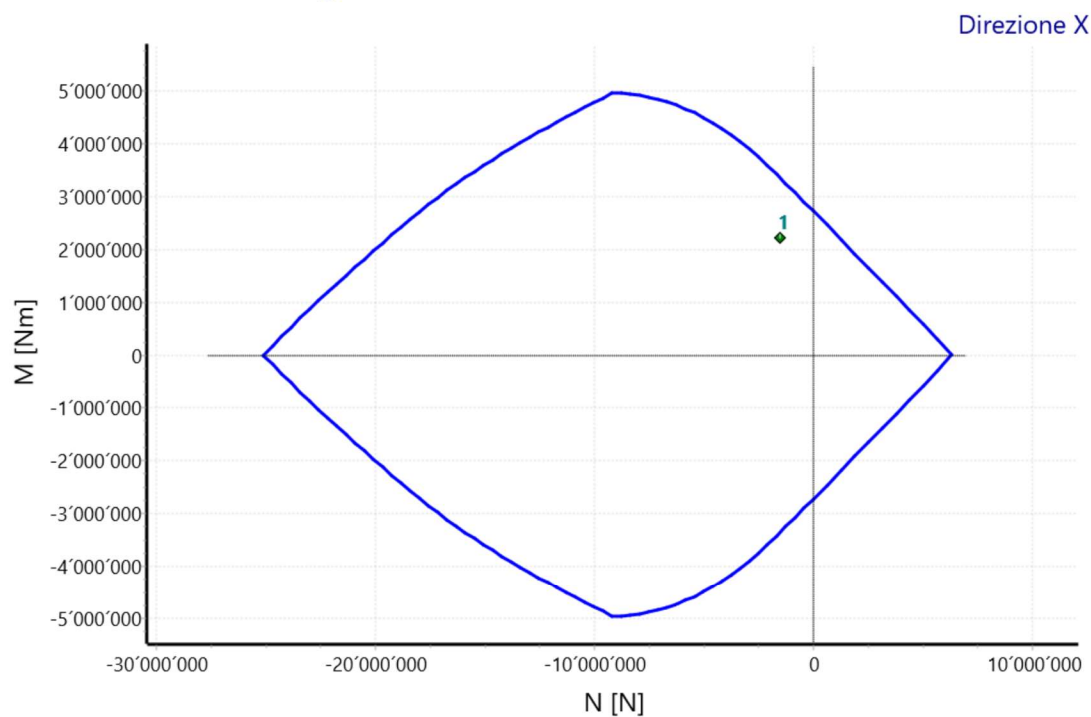
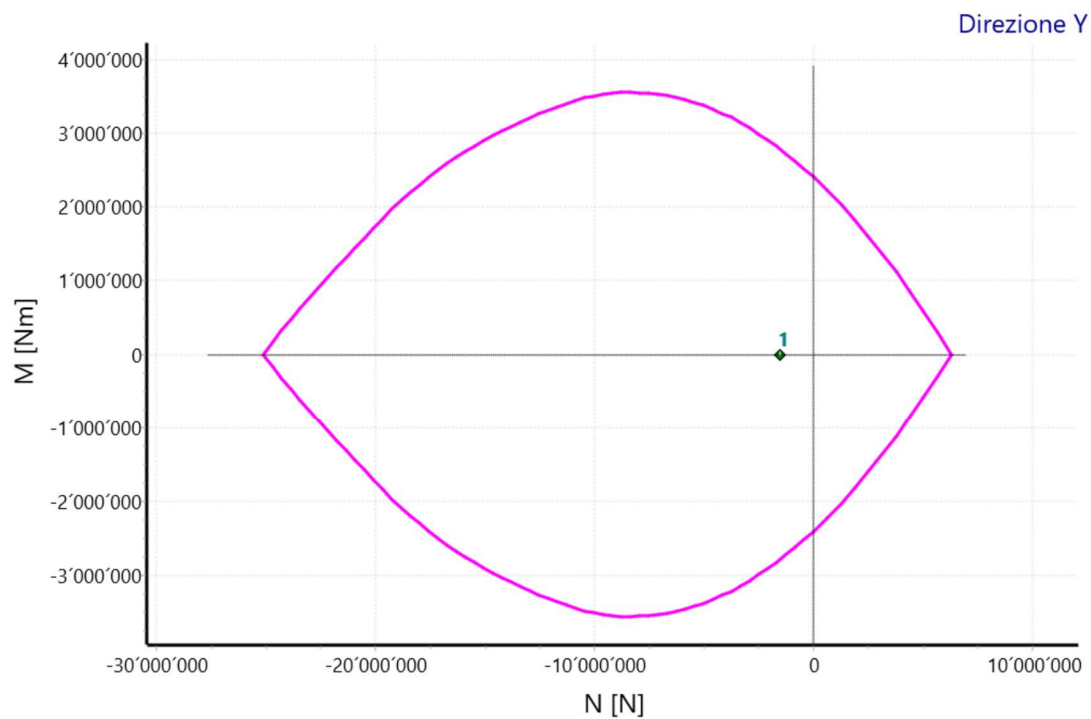


Diagramma del Dominio di Resistenza



Tutti i punti rappresentativi delle sollecitazioni agenti ricadono all'interno del dominio di resistenza della sezione.

DOMINIO DI RESISTENZA

| Dominio di resistenza | | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| N | Dir X | | Dir Y | |
| | M _{Rd,max} | M _{Rd,min} | M _{Rd,max} | M _{Rd,min} |
| [N] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | [Nm] |
| -25'107'446 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| -25'107'446 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| -25'107'446 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| -24'688'988 | 177'789 | -177'790 | 171'027 | -171'028 |
| -24'270'531 | 355'379 | -355'380 | 326'217 | -326'219 |
| -23'852'074 | 527'711 | -527'712 | 477'672 | -477'673 |
| -23'433'616 | 696'759 | -696'760 | 622'108 | -622'110 |
| -23'015'159 | 863'060 | -863'061 | 764'233 | -764'234 |
| -22'596'701 | 1'027'276 | -1'027'277 | 905'851 | -905'852 |
| -22'178'244 | 1'188'921 | -1'188'922 | 1'043'643 | -1'043'644 |
| -21'759'786 | 1'348'373 | -1'348'374 | 1'178'211 | -1'178'212 |
| -21'341'329 | 1'506'226 | -1'506'227 | 1'312'319 | -1'312'320 |
| -20'922'872 | 1'662'221 | -1'662'222 | 1'446'242 | -1'446'243 |
| -20'504'414 | 1'816'570 | -1'816'571 | 1'578'998 | -1'578'999 |
| -20'085'957 | 1'969'882 | -1'969'882 | 1'711'683 | -1'711'684 |
| -19'667'499 | 2'121'728 | -2'121'729 | 1'842'601 | -1'842'602 |
| -19'249'042 | 2'272'434 | -2'272'435 | 1'967'341 | -1'967'343 |
| -18'830'584 | 2'421'646 | -2'421'647 | 2'083'567 | -2'083'568 |
| -18'412'127 | 2'568'617 | -2'568'617 | 2'193'611 | -2'193'612 |
| -17'993'670 | 2'710'704 | -2'710'704 | 2'298'758 | -2'298'759 |
| -17'575'212 | 2'847'787 | -2'847'787 | 2'398'863 | -2'398'864 |
| -17'156'755 | 2'981'350 | -2'981'350 | 2'494'088 | -2'494'089 |
| -16'738'297 | 3'110'240 | -3'110'240 | 2'584'664 | -2'584'665 |
| -16'319'840 | 3'235'308 | -3'235'308 | 2'670'739 | -2'670'740 |
| -15'901'382 | 3'357'101 | -3'357'101 | 2'752'297 | -2'752'298 |
| -15'482'925 | 3'474'446 | -3'474'447 | 2'830'293 | -2'830'294 |
| -15'064'468 | 3'588'823 | -3'588'823 | 2'904'201 | -2'904'202 |
| -14'646'010 | 3'700'006 | -3'700'006 | 2'971'774 | -2'971'774 |
| -14'227'553 | 3'808'237 | -3'808'237 | 3'034'805 | -3'034'806 |
| -13'809'095 | 3'913'542 | -3'913'542 | 3'094'505 | -3'094'506 |
| -13'390'638 | 4'016'550 | -4'016'550 | 3'151'466 | -3'151'466 |
| -12'972'180 | 4'117'492 | -4'117'492 | 3'205'205 | -3'205'205 |
| -12'553'723 | 4'215'778 | -4'215'778 | 3'256'599 | -3'256'600 |
| -12'135'266 | 4'312'687 | -4'312'687 | 3'305'509 | -3'305'509 |
| -11'716'808 | 4'407'613 | -4'407'613 | 3'352'231 | -3'352'231 |
| -11'298'351 | 4'500'994 | -4'500'994 | 3'396'829 | -3'396'829 |
| -10'879'893 | 4'593'143 | -4'593'143 | 3'439'605 | -3'439'605 |
| -10'461'436 | 4'683'931 | -4'683'930 | 3'477'690 | -3'477'690 |
| -10'042'978 | 4'773'971 | -4'773'970 | 3'501'455 | -3'501'455 |
| -9'624'521 | 4'863'397 | -4'863'396 | 3'523'038 | -3'523'038 |
| -9'206'064 | 4'952'078 | -4'952'077 | 3'539'898 | -3'539'898 |
| -8'787'606 | 4'953'298 | -4'953'298 | 3'553'849 | -3'553'849 |
| -8'369'149 | 4'940'107 | -4'940'107 | 3'550'752 | -3'550'752 |
| -7'950'691 | 4'917'424 | -4'917'424 | 3'545'459 | -3'545'459 |
| -7'532'234 | 4'885'247 | -4'885'247 | 3'538'263 | -3'538'263 |
| -7'113'776 | 4'843'345 | -4'843'345 | 3'529'352 | -3'529'352 |
| -6'695'319 | 4'791'886 | -4'791'886 | 3'506'954 | -3'506'954 |
| -6'276'861 | 4'730'944 | -4'730'944 | 3'478'762 | -3'478'762 |
| -5'858'404 | 4'660'501 | -4'660'501 | 3'448'540 | -3'448'540 |

| | | | | |
|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| -5'439'947 | 4'580'253 | -4'580'253 | 3'416'632 | -3'416'632 |
| -5'021'489 | 4'490'627 | -4'490'627 | 3'374'255 | -3'374'255 |
| -4'603'032 | 4'391'420 | -4'391'420 | 3'323'079 | -3'323'079 |
| -4'184'574 | 4'282'703 | -4'282'703 | 3'269'719 | -3'269'718 |
| -3'766'117 | 4'164'290 | -4'164'290 | 3'214'703 | -3'214'703 |
| -3'347'659 | 4'036'216 | -4'036'216 | 3'147'908 | -3'147'908 |
| -2'929'202 | 3'898'842 | -3'898'842 | 3'069'821 | -3'069'820 |
| -2'510'745 | 3'751'932 | -3'751'932 | 2'989'500 | -2'989'500 |
| -2'092'287 | 3'585'940 | -3'585'940 | 2'907'410 | -2'907'409 |
| -1'673'830 | 3'416'305 | -3'416'305 | 2'821'903 | -2'821'902 |
| -1'255'372 | 3'244'606 | -3'244'606 | 2'720'944 | -2'720'944 |
| -836'915 | 3'071'149 | -3'071'148 | 2'617'711 | -2'617'710 |
| -418'457 | 2'896'374 | -2'896'374 | 2'512'559 | -2'512'558 |
| 0 | 2'720'604 | -2'720'604 | 2'405'925 | -2'405'924 |
| 0 | 2'720'604 | -2'720'604 | 2'405'925 | -2'405'924 |
| 629'411 | 2'454'659 | -2'454'659 | 2'220'389 | -2'220'388 |
| 1'258'823 | 2'187'514 | -2'187'514 | 2'028'030 | -2'028'029 |
| 1'888'234 | 1'919'590 | -1'919'589 | 1'827'675 | -1'827'674 |
| 2'517'645 | 1'651'317 | -1'651'316 | 1'598'420 | -1'598'419 |
| 3'147'056 | 1'382'699 | -1'382'698 | 1'363'457 | -1'363'456 |
| 3'776'468 | 1'114'195 | -1'114'194 | 1'119'372 | -1'119'371 |
| 4'405'879 | 845'403 | -845'402 | 852'444 | -852'443 |
| 5'035'290 | 576'922 | -576'920 | 580'753 | -580'751 |
| 5'664'701 | 303'731 | -303'730 | 303'781 | -303'780 |
| 6'294'113 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 6'294'113 | 1 | 1 | 0 | 0 |

LEGENDA:

| | |
|---------------------------|---|
| Dir | Direzione. |
| N | Sforzo Normale di progetto. |
| M_{Rd,max} | Momento Resistente Massimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y). |
| M_{Rd,min} | Momento Resistente Minimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y). |

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU

Pressoflessione Retta allo Stato Limite Ultimo

| Cmb | N _{Ed} | M _{Ed,x} | M _{Ed,y} | Dir X | | | | | Dir Y | | | | |
|-----|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------|----------------|-------------------|-----------------|
| | | | | M _{Rd,x} | CS | x _c | x _c /h | TP _f | M _{Rd,y} | CS | x _c | x _c /h | TP _f |
| | [N] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | | [m] | | | [Nm] | | [m] | | |
| 1 | -154996 0 | 2208380 | 0 | 3365866 | 1.52 | 0.136 | 0.15 | CLS | 0 | 16.20 | 0.005 | 0.07 | - |

LEGENDA:

| | |
|---|--|
| Cmb | Combinazione. |
| N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y} | Sollecitazioni di progetto. |
| Dir XY | Direzione. |
| M_{Rd,x}, M_{Rd,y} | Momento resistente in direzione X(Y). |
| CS | Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta). |
| x_c | Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso della sezione. |
| x_c/h | Indice di duttilità. |
| TP_f | Tipologia di rottura: CLS = "lato calcestruzzo"; AC-C = "lato armatura metallica a compressione"; AC-T = "lato armatura metallica a trazione"; P-DL1 = "delaminazione di estremità del rinforzo FRP"; P-DL2 = "delaminazione intermedia del rinforzo FRP"; P-UL = "deformazione ultima FRP". |

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLE

Verifica delle Tensioni allo Stato Limite di Esercizio

| Cmb | N _{Ed} | M _{Ed,x} | M _{Ed,y} | Tipo | Dir X | | | | Dir Y | | | |
|-----|-----------------|-------------------|-------------------|------------|----------------|----------------------|----------------------|------|----------------|----------------------|----------------------|-------|
| | | | | | M ₀ | σ _{cc} | σ _{st} | CS | M ₀ | σ _{cc} | σ _{st} | CS |
| | [N] | [Nm] | [Nm] | | [Nm] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | [Nm] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | |
| 2 | -154996 0 | 1698760 | 0 | rara | 913'890 | -14.04 | 163.76 | 1.42 | 0 | -1.41 | 0.00 | 14.14 |
| 3 | -154996 | 1698760 | 0 | permanente | 913'890 | -14.04 | 163.76 | 1.06 | 0 | -1.41 | 0.00 | 10.61 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | 0 | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

LEGENDA:

| | |
|---|--|
| Cmb | Combinazione. |
| N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y} | Sollecitazioni di progetto. |
| Tipo | Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio. |
| Dir X/Dir Y | Direzione. |
| M₀ | Momento di prima fessurazione. |
| σ_{cc} | Tensione di compressione nel calcestruzzo. |
| σ_{st} | Tensione di trazione nell'acciaio. |
| CS | Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta). |

VERIFICA A TAGLIO

| Verifiche a Taglio | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------|------|------|------|-----|-----------------|------------------|--------------------|-------|------|
| Cmb | N _{Ed} | CS | d | s | Dir | V _{Ed} | V _{Rcd} | V _{Rsd,s} | Ctg θ | n |
| | [N] | | [mm] | [cm] | | [N] | [N] | [N] | | |
| 1 | -1549960 | 2.39 | 24 | 20 | x-x | 0 | 0 | 1472114 | 1.000 | 0.00 |
| | | | | | y-y | 616940 | 4260033 | 1472114 | 1.000 | 0.00 |

LEGENDA:

| | |
|--------------------------|--|
| Cmb | Combinazione. |
| N_{Ed} | Sforzo Normale di progetto. |
| CS | Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta). |
| d | Diametro delle staffe. |
| s | Passo delle staffe. |
| Dir | Direzione. |
| V_{Ed} | Taglio di progetto. |
| V_{Rcd} | Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo. |
| V_{Rsd,s} | Resistenza a taglio trazione delle staffe. |
| Ctg θ | Cotangente dell'angolo θ utilizzata nella verifica. |
| A_{sw,p} | Area dei ferri piegati. |
| n | Numero di bracci delle staffe. |

Esito della verifica: la verifica di resistenza richiesta risulta globalmente **Soddisfatta**.

7 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

| | |
|------------------------------|---|
| Nome del Software | Calcolus-SEZIONE |
| Versione | 6.00a |
| Caratteristiche del Software | Software per la verifica di resistenza delle sezioni con la schematizzazione a fibre per Windows |
| Produzione e Distribuzione | ACCA software S.p.A. Contrada Rosole, 13 83043 Bagnoli Irpino (AV) Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it |

Fornovo di Taro, 02/12/2021

Il *Tecnico*

...

Allegato 4

Dimensionamento e verifica sezione paramento verticale 2m

1 - PREMESSA

Scopo della presente relazione tecnica è la valutazione analitica della capacità portante di un elemento strutturale in **CALCESTRUZZO ARMATO**.

La metodologia di calcolo usata per la valutazione della Resistenza strutturale dell'elemento è quella della discretizzazione in **fibre** della sezione. In pratica, la sezione viene suddivisa in un numero discreto di elementini, di dimensione quasi infinitesimale, ognuno di essi caratterizzati da un determinato tipo di materiale con le proprie caratteristiche meccaniche. Per ogni fibra è possibile ricavare, in funzione dei legami costitutivi e delle proprietà meccaniche del materiale, lo stato deformativo e tensionale.

In funzione dello stato deformativo-tensionale delle varie fibre che costituiscono la sezione è possibile ricavare le sollecitazioni resistenti per i meccanismi di verifica considerati.

Per ogni meccanismo resistente considerato, il confronto tra Resistenza e valore di Progetto fornisce il coefficiente di sicurezza (CS).

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

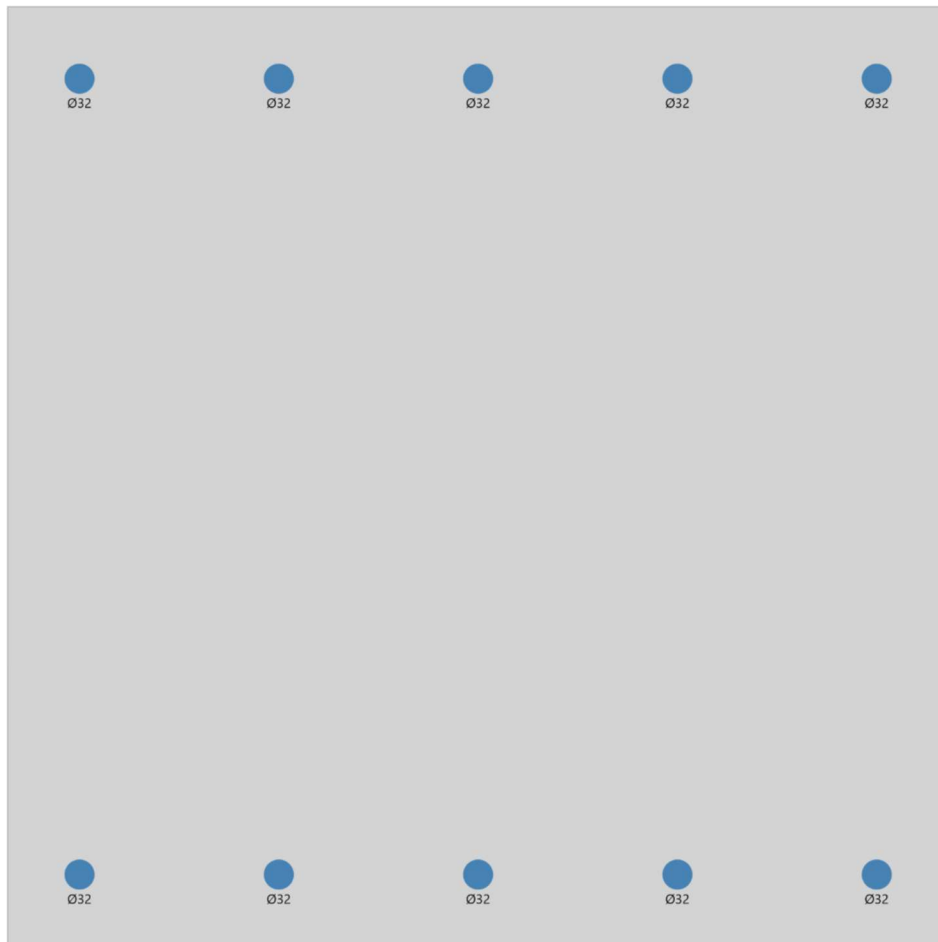
- **D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) - "Aggiornamento delle *Norme tecniche per le Costruzioni*" (NTC 18).

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*
- **Eurocodice 2** - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo - UNI EN 1992 Parte 1-1: *Regole generali e regole per edifici*".

3 - GEOMETRIA SEZIONE

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione oggetto di verifica. È stato adottato un copriferro, misurato dal lembo più esterno delle barre longitudinali al lato della sezione in calcestruzzo (comprendente, quindi, il diametro delle staffe), pari a **6,0** cm.



SEZIONE

| Caratteristiche della sezione | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------|-------|-----------------|----------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Tp | Dimensioni | | | | | | | | A |
| | B | H | Sp _w | H _w | Sp _{r,i} | L _{r,i} | Sp _{r,s} | L _{r,s} | |
| | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm] | [cm ²] |
| Rettangolare | 100.0 | 100.0 | - | - | - | - | - | - | 10'000.0 |

LEGENDA:

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| Tp | Tipo di sezione. |
| B | Base. |
| H | Altezza/Lato. |
| Sp_w | Spessore anima. |
| H_w | Altezza anima. |
| Sp_{r,i} | Spessore ala inferiore. |
| L_{r,i} | Lunghezza ala inferiore. |
| Sp_{r,s} | Spessore ala superiore. |
| L_{r,s} | Lunghezza ala superiore. |
| A | Area della sezione. |

4 - MATERIALI

La sezione oggetto della verifica è costituita dai seguenti materiali:

CALCESTRUZZO

| Caratteristiche Calcestruzzo | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|----|----------------------|---------------|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Sigla | γ_k | FC | E_c | α_{cc} | γ_c | f_{cm} | f_{ck} | $f_{cd,SLU}$ | $f_{cd,SLE R}$ | $f_{cd,SLE P}$ | f_{ctd} | Mod. σ_8 | ϵ_{c2} | ϵ_{c3} | ϵ_{cu} |
| | [N/m ³] | | [N/mm ²] | | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | [%] | [%] | [%] |
| C32/40 | 25000 | - | 33'643 | 0.85 | 1.50 | - | 33.20 | 18.81 | 19.92 | 14.94 | 1.45 | a | 0.20 | 0.18 | 0.35 |

LEGENDA:

| | |
|-----------------------------------|---|
| Sigla | Sigla del materiale. |
| γ_k | Peso specifico caratteristico. |
| FC | Fattore di Confidenza ("-" = struttura nuova). |
| E_c | Modulo elastico. |
| α_{cc} | Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata. |
| γ_c | Coefficiente parziale di sicurezza. |
| f_{cm} | Resistenza media cilindrica a compressione a 28 giorni. |
| f_{ck} | Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28 giorni. |
| $f_{cd,SLU}$ | Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLU. |
| $f_{cd,SLE R}$ | Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Rare. |
| $f_{cd,SLE P}$ | Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Permanenti. |
| f_{ctd} | Resistenza di calcolo a trazione. |
| Mod. σ_8 | Modello del diagramma tensione-deformazione: (a) parabola-rettangolo; (b) triangolo-rettangolo. |
| ϵ_{c2} | Deformazione al limite elastico per il diagramma parabola-rettangolo. |
| ϵ_{c3} | Deformazione al limite elastico per il diagramma triangolo-rettangolo. |
| ϵ_{cu} | Deformazione ultima. |

ACCIAIO

| Caratteristiche Acciaio | | | | | |
|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|------|------------|
| Sigla | γ_k | E | f_{yk} | K | γ_M |
| | [N/m ³] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | |
| B450C | 78500 | 210000 | 450.00 | 1.20 | 1.15 |

LEGENDA:

| | |
|--------------|---|
| Sigla | Sigla del materiale. |
| γ_k | Peso specifico caratteristico. |
| E | Modulo elastico normale. |
| f_{yk} | Resistenza caratteristica allo snervamento. |
| K | Rapporto di Sovraresistenza. |
| γ_M | Coefficiente parziale di sicurezza. |

5 - AZIONI

Le azioni sull'elemento strutturale, in base alle quali sono state eseguite le verifiche di resistenza, sono riportate nella seguente tabella:

SOLLECITAZIONI

| Sollecitazioni | | | | | | | | | |
|----------------|-----|------------|----------|------------|------------|-------|--------|-------|-----|
| Cmb | SL | Tipo | N | $M_{Ed,X}$ | $M_{Ed,Y}$ | M_z | T_x | T_y | Pos |
| | | | [N] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | [N] | [N] | |
| 1 | SLU | - | -1344710 | 1121640 | 0 | 0 | 433567 | 0 | I |
| 2 | SLE | rara | -1344710 | 862800 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| 3 | SLE | permanente | -1344710 | 862800 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |

LEGENDA:

| | |
|------------|---|
| Cmb | Combinazione. |
| SL | Stato Limite (SLU=Ultimo; SLE=Esercizio; ECC=Combinazione Eccezionale). |

| | |
|-------------------------|---|
| Tipo | Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio. |
| N | Sforzo Normale. |
| M_{Ed,X} | Momento di Progetto in direzione X. |
| M_{Ed,Y} | Momento di Progetto in direzione Y. |
| M_z | Momento Torcente |
| T_x | Taglio in direzione X. |
| T_y | Taglio in direzione Y. |
| Pos | Posizione rispetto al dominio di resistenza (I=Interno; E=Esterno). |

6 - VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza e i domini di resistenza. Inoltre, si riporta il diagramma momento curvatura.

DIAGRAMMA MOMENTO-CURVATURA

| Diagramma momento-curvatura | | | | | | | |
|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|
| N = -1344710 | | | | | | | |
| Dir X+ | | Dir X- | | Dir Y+ | | Dir Y- | |
| M _{Rd} = 1951626 ϕ_u = 0.0291; M _y = 1829681 ϕ_y = 0.0030 | | M _{Rd} = -1951626 ϕ_u = 0.0291; M _y = -1829681 ϕ_y = 0.0030 | | M _{Rd} = 1849052 ϕ_u = 0.0172; M _y = 1368767 ϕ_y = 0.0030 | | M _{Rd} = -1849051 ϕ_u = 0.0172; M _y = -1368767 ϕ_y = 0.0030 | |
| M | ϕ | M | ϕ | M | ϕ | M | ϕ |
| [Nm] | [1/m] | [Nm] | [1/m] | [Nm] | [1/m] | [Nm] | [1/m] |
| 1819 | 0.0000 | -1819 | 0.0000 | 1667 | 0.0000 | -1667 | 0.0000 |
| 1819 | 0.0000 | -1819 | 0.0000 | 938900 | 0.0017 | -938899 | 0.0017 |
| 1572588 | 0.0025 | -1572588 | 0.0025 | 938898 | 0.0017 | -938898 | 0.0017 |
| 1828333 | 0.0030 | -1828333 | 0.0030 | 1363476 | 0.0030 | -1363476 | 0.0030 |
| 1829519 | 0.0030 | -1829519 | 0.0030 | 1368487 | 0.0030 | -1368487 | 0.0030 |
| 1829681 | 0.0030 | -1829681 | 0.0030 | 1368767 | 0.0030 | -1368767 | 0.0030 |
| 1830460 | 0.0031 | -1830459 | 0.0031 | 1434068 | 0.0034 | -1434067 | 0.0034 |
| 1927248 | 0.0100 | -1927248 | 0.0100 | 1434068 | 0.0034 | -1434067 | 0.0034 |
| 1927248 | 0.0100 | -1927248 | 0.0100 | 1626652 | 0.0052 | -1626651 | 0.0052 |
| 1947331 | 0.0200 | -1947331 | 0.0200 | 1726126 | 0.0069 | -1726126 | 0.0069 |
| 1951626 | 0.0291 | -1951626 | 0.0291 | 1770653 | 0.0086 | -1770653 | 0.0086 |
| 1915151 | 0.0391 | -1915151 | 0.0391 | 1792850 | 0.0103 | -1792849 | 0.0103 |
| | | | | 1811659 | 0.0121 | -1811659 | 0.0121 |
| | | | | 1828489 | 0.0138 | -1828489 | 0.0138 |
| | | | | 1840264 | 0.0155 | -1840264 | 0.0155 |
| | | | | 1849052 | 0.0172 | -1849051 | 0.0172 |
| | | | | 1648142 | 0.0189 | -1648141 | 0.0189 |

LEGENDA:

| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| N | Sforzo Normale di progetto. |
| Dir | Direzione. |
| ϕ | Curvatura di calcolo. |
| M | Momento associato a ϕ |
| ϕ_u | Curvatura Ultima. |
| M_{Rd} | Momento Ultimo. |
| ϕ_y | Curvatura allo Snervamento. |
| M_y | Momento di Snervamento. |

Diagramma del Dominio di Resistenza

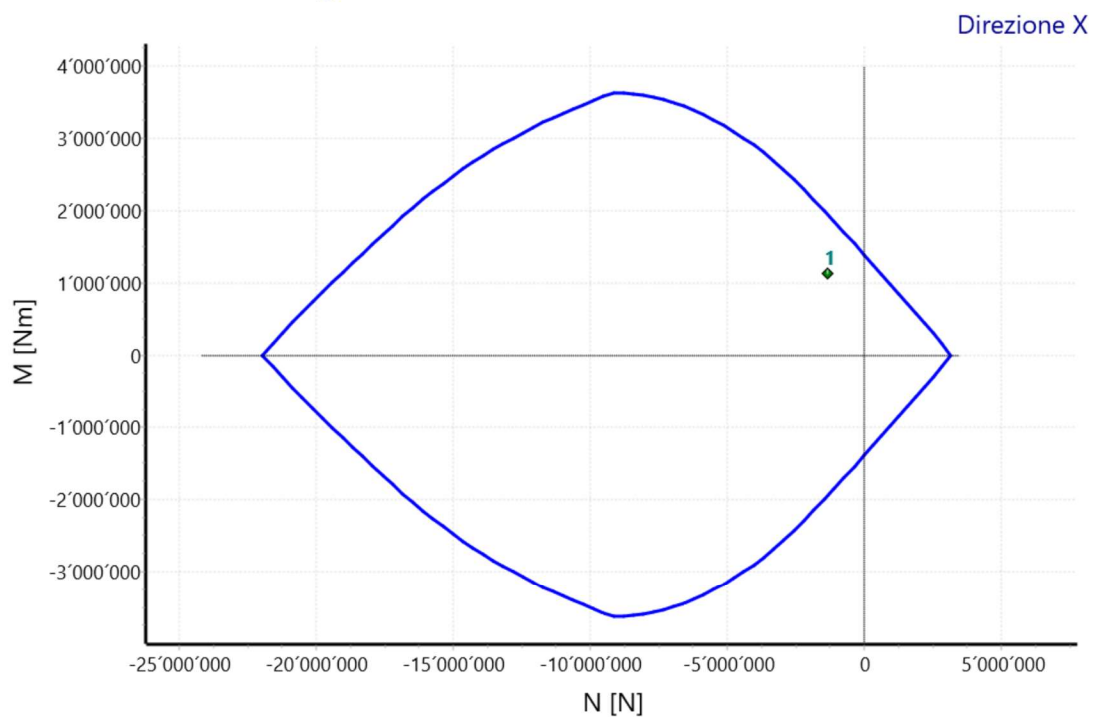
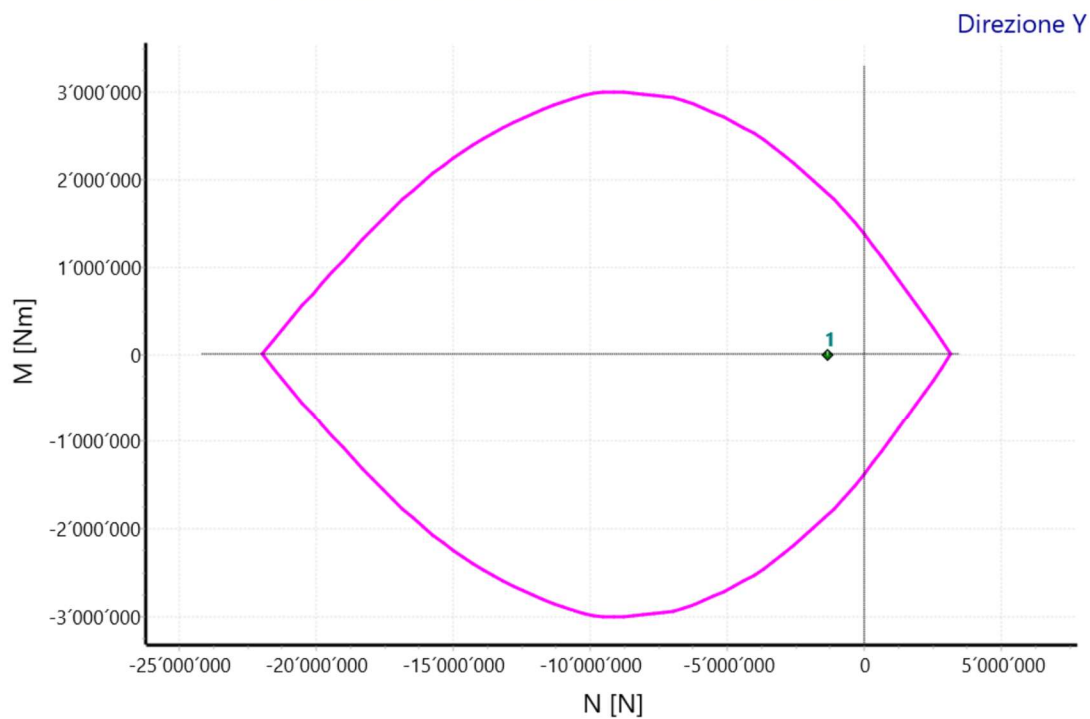


Diagramma del Dominio di Resistenza



Tutti i punti rappresentativi delle sollecitazioni agenti ricadono all'interno del dominio di resistenza della sezione.

DOMINIO DI RESISTENZA

| Dominio di resistenza | | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| N | Dir X | | Dir Y | |
| | M _{Rd,max} | M _{Rd,min} | M _{Rd,max} | M _{Rd,min} |
| [N] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | [Nm] |
| -21'960'390 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -21'960'390 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -21'594'383 | 156'109 | -156'110 | 154'054 | -154'055 |
| -21'228'377 | 307'093 | -307'093 | 294'738 | -294'739 |
| -20'862'370 | 452'940 | -452'940 | 428'117 | -428'118 |
| -20'496'364 | 596'111 | -596'111 | 560'065 | -560'066 |
| -20'130'357 | 736'137 | -736'137 | 689'827 | -689'828 |
| -19'764'351 | 873'622 | -873'622 | 817'990 | -817'990 |
| -19'398'344 | 1'009'042 | -1'009'043 | 944'839 | -944'839 |
| -19'032'338 | 1'142'729 | -1'142'729 | 1'070'245 | -1'070'245 |
| -18'666'331 | 1'274'875 | -1'274'876 | 1'194'678 | -1'194'678 |
| -18'300'325 | 1'405'208 | -1'405'208 | 1'314'920 | -1'314'921 |
| -17'934'318 | 1'535'260 | -1'535'261 | 1'433'175 | -1'433'175 |
| -17'568'312 | 1'663'722 | -1'663'723 | 1'551'286 | -1'551'287 |
| -17'202'305 | 1'791'243 | -1'791'243 | 1'666'340 | -1'666'340 |
| -16'836'299 | 1'917'229 | -1'917'229 | 1'776'597 | -1'776'598 |
| -16'470'292 | 2'038'878 | -2'038'878 | 1'881'528 | -1'881'529 |
| -16'104'286 | 2'155'087 | -2'155'088 | 1'980'661 | -1'980'662 |
| -15'738'279 | 2'267'008 | -2'267'009 | 2'075'140 | -2'075'140 |
| -15'372'273 | 2'373'954 | -2'373'955 | 2'164'456 | -2'164'456 |
| -15'006'266 | 2'476'599 | -2'476'599 | 2'248'813 | -2'248'813 |
| -14'640'260 | 2'574'734 | -2'574'734 | 2'328'521 | -2'328'522 |
| -14'274'253 | 2'668'550 | -2'668'550 | 2'403'518 | -2'403'518 |
| -13'908'247 | 2'758'257 | -2'758'258 | 2'473'893 | -2'473'893 |
| -13'542'240 | 2'843'932 | -2'843'932 | 2'540'094 | -2'540'094 |
| -13'176'234 | 2'925'951 | -2'925'951 | 2'601'472 | -2'601'472 |
| -12'810'227 | 3'004'233 | -3'004'233 | 2'659'385 | -2'659'385 |
| -12'444'221 | 3'079'032 | -3'079'032 | 2'712'975 | -2'712'975 |
| -12'078'214 | 3'150'459 | -3'150'459 | 2'762'939 | -2'762'939 |
| -11'712'208 | 3'218'818 | -3'218'818 | 2'809'354 | -2'809'355 |
| -11'346'201 | 3'284'305 | -3'284'305 | 2'852'345 | -2'852'345 |
| -10'980'195 | 3'347'127 | -3'347'127 | 2'892'069 | -2'892'069 |
| -10'614'188 | 3'407'272 | -3'407'272 | 2'928'836 | -2'928'836 |
| -10'248'182 | 3'465'135 | -3'465'135 | 2'962'798 | -2'962'798 |
| -9'882'175 | 3'521'002 | -3'521'002 | 2'991'710 | -2'991'710 |
| -9'516'169 | 3'574'853 | -3'574'853 | 3'001'382 | -3'001'382 |
| -9'150'162 | 3'622'553 | -3'622'553 | 3'002'399 | -3'002'399 |
| -8'784'156 | 3'618'872 | -3'618'872 | 2'999'847 | -2'999'847 |
| -8'418'149 | 3'607'821 | -3'607'821 | 2'993'830 | -2'993'830 |
| -8'052'143 | 3'589'460 | -3'589'460 | 2'984'638 | -2'984'638 |
| -7'686'136 | 3'563'845 | -3'563'845 | 2'972'565 | -2'972'565 |
| -7'320'130 | 3'530'757 | -3'530'757 | 2'957'756 | -2'957'756 |
| -6'954'123 | 3'490'560 | -3'490'560 | 2'940'485 | -2'940'484 |
| -6'588'117 | 3'442'875 | -3'442'875 | 2'909'126 | -2'909'126 |
| -6'222'110 | 3'387'917 | -3'387'917 | 2'866'045 | -2'866'045 |
| -5'856'104 | 3'325'652 | -3'325'652 | 2'818'965 | -2'818'965 |
| -5'490'097 | 3'256'040 | -3'256'040 | 2'768'475 | -2'768'475 |
| -5'124'091 | 3'179'218 | -3'179'218 | 2'714'733 | -2'714'733 |
| -4'758'084 | 3'094'992 | -3'094'992 | 2'658'056 | -2'658'056 |

| | | | | |
|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| -4'392'078 | 3'003'407 | -3'003'407 | 2'598'743 | -2'598'743 |
| -4'026'071 | 2'904'718 | -2'904'718 | 2'537'232 | -2'537'232 |
| -3'660'065 | 2'798'317 | -2'798'317 | 2'463'427 | -2'463'427 |
| -3'294'058 | 2'684'941 | -2'684'941 | 2'376'075 | -2'376'075 |
| -2'928'052 | 2'564'187 | -2'564'187 | 2'284'286 | -2'284'286 |
| -2'562'045 | 2'435'926 | -2'435'926 | 2'188'650 | -2'188'650 |
| -2'196'039 | 2'295'650 | -2'295'650 | 2'089'589 | -2'089'589 |
| -1'830'032 | 2'149'847 | -2'149'847 | 1'987'678 | -1'987'678 |
| -1'464'026 | 2'001'223 | -2'001'223 | 1'883'347 | -1'883'346 |
| -1'098'019 | 1'849'867 | -1'849'866 | 1'777'267 | -1'777'267 |
| -732'013 | 1'696'784 | -1'696'784 | 1'656'250 | -1'656'250 |
| -366'006 | 1'542'337 | -1'542'337 | 1'519'864 | -1'519'863 |
| 0 | 1'386'871 | -1'386'871 | 1'376'506 | -1'376'505 |
| 0 | 1'386'871 | -1'386'871 | 1'376'506 | -1'376'505 |
| 314'706 | 1'252'547 | -1'252'546 | 1'249'445 | -1'249'444 |
| 629'411 | 1'117'975 | -1'117'975 | 1'119'387 | -1'119'386 |
| 944'117 | 983'090 | -983'090 | 986'793 | -986'792 |
| 1'258'823 | 848'148 | -848'148 | 852'465 | -852'465 |
| 1'573'528 | 713'125 | -713'125 | 716'898 | -716'898 |
| 1'888'234 | 577'907 | -577'907 | 580'689 | -580'689 |
| 2'202'939 | 443'101 | -443'101 | 443'989 | -443'988 |
| 2'517'645 | 303'677 | -303'676 | 303'702 | -303'701 |
| 2'832'351 | 154'551 | -154'550 | 154'626 | -154'626 |
| 3'147'056 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3'147'056 | 0 | 0 | 0 | 0 |

LEGENDA:

| | |
|---------------------------|---|
| Dir | Direzione. |
| N | Sforzo Normale di progetto. |
| M_{Rd,max} | Momento Resistente Massimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y). |
| M_{Rd,min} | Momento Resistente Minimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y). |

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU

| Pressoflessione Retta allo Stato Limite Ultimo | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------|----------------|-------------------|-----------------|
| Cmb | N _{Ed} | M _{Ed,x} | M _{Ed,y} | Dir X | | | | | Dir Y | | | | |
| | | | | M _{Rd,x} | CS | x _c | x _c /h | TP _f | M _{Rd,y} | CS | x _c | x _c /h | TP _f |
| | [N] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | | [m] | | | [Nm] | | [m] | | |
| 1 | -134471 0 | 1121640 | 0 | 1951951 | 1.74 | 0.120 | 0.13 | CLS | 0 | 16.33 | 0.005 | 0.07 | - |

LEGENDA:

| | |
|---|--|
| Cmb | Combinazione. |
| N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y} | Sollecitazioni di progetto. |
| Dir XY | Direzione. |
| M_{Rd,x}, M_{Rd,y} | Momento resistente in direzione X(Y). |
| CS | Coefficiente di sicurezza([NS])= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta). |
| x_c | Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso della sezione. |
| x_c/h | Indice di duttilità. |
| TP_f | Tipologia di rottura: CLS = "lato calcestruzzo"; AC-C = "lato armatura metallica a compressione"; AC-T = "lato armatura metallica a trazione"; P-DL1 = "delaminazione di estremità del rinforzo FRP"; P-DL2 = "delaminazione intermedia del rinforzo FRP"; P-UL = "deformazione ultima FRP". |

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLE

| Verifica delle Tensioni allo Stato Limite di Esercizio | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-------------------|-------------------|------------|----------------|-----------------|-----------------|------|----------------|-----------------|-----------------|-------|
| Cmb | N _{Ed} | M _{Ed,x} | M _{Ed,y} | Tipo | Dir X | | | | Dir Y | | | |
| | | | | | M ₀ | σ _{cc} | σ _{st} | CS | M ₀ | σ _{cc} | σ _{st} | CS |
| | [N] | [Nm] | [Nm] | | [Nm] | [N/mm²] | [N/mm²] | | [Nm] | [N/mm²] | [N/mm²] | |
| 2 | -134471 0 | 862800 | 0 | rara | 808´863 | -9.24 | 102.65 | 2.15 | 0 | -1.28 | 0.00 | 15.56 |
| 3 | -134471 0 | 862800 | 0 | permanente | 808´863 | -9.24 | 102.65 | 1.62 | 0 | -1.28 | 0.00 | 11.67 |

LEGENDA:

| | |
|---|--|
| Cmb | Combinazione. |
| N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y} | Sollecitazioni di progetto. |
| Tipo | Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio. |
| Dir X/Dir Y | Direzione. |
| M₀ | Momento di prima fessurazione. |
| σ_{cc} | Tensione di compressione nel calcestruzzo. |
| σ_{st} | Tensione di trazione nell'acciaio. |
| CS | Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta). |

VERIFICA A TAGLIO

| Verifiche a Taglio | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------|------|------|------|-----|-----------------|------------------|--------------------|-------|--------------------|---|
| Cmb | N _{Ed} | CS | d | s | Dir | V _{Ed} | V _{Rcd} | V _{Rsd,s} | Ctg ⊙ | A _{sw,p} | n |
| | [N] | | [mm] | [cm] | | [N] | [N] | [N] | | [mm ²] | |
| 1 | -1344710 | 3.40 | 24 | 20 | x-x | 433567 | 4213852 | 1472114 | 1.000 | 0.00 | 2 |
| | | | | | y-y | 0 | 0 | 1472114 | 1.000 | 0.00 | 2 |

LEGENDA:

| | |
|--------------------------|--|
| Cmb | Combinazione. |
| N_{Ed} | Sforzo Normale di progetto. |
| CS | Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta). |
| d | Diametro delle staffe. |
| s | Passo delle staffe. |
| Dir | Direzione. |
| V_{Ed} | Taglio di progetto. |
| V_{Rcd} | Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo. |
| V_{Rsd,s} | Resistenza a taglio trazione delle staffe. |
| Ctg ⊙ | Cotangente dell'angolo ⊙utilizzata nella verifica. |
| A_{sw,p} | Area dei ferri piegati. |
| n | Numero di bracci delle staffe. |

Esito della verifica: la verifica di resistenza richiesta risulta globalmente **Soddisfatta**.

7 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

| | |
|------------------------------|---|
| Nome del Software | Calcolus-SEZIONE |
| Versione | 6.00a |
| Caratteristiche del Software | Software per la verifica di resistenza delle sezioni con la schematizzazione a fibre per Windows |
| Produzione e Distribuzione | ACCA software S.p.A. Contrada Rosole, 13 83043 Bagnoli Irpino (AV) Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it |

Fornovo di Taro, 02/12/2021

Il *Tecnico*

...

Allegato 5

Dimensionamento statico rilevato in terra rinforzata

MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta___:

Sezione____:

Località_____:

Pratica_____: 10954

File_____: sezioneF_statica_rev03

Data_____: 25/11/2021

Verifiche condotte in accordo alla normativa : NTC 2018
_Verifiche di sicurezza (SLU)

SOMMARIO

| | |
|---|----|
| CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI | 2 |
| PROFILI STRATIGRAFICI | 3 |
| BLOCCHI RINFORZATI | 3 |
| Blocco : TMV1 | 3 |
| Blocco : TMV2 | 4 |
| Blocco : TMV3 | 4 |
| Blocco : TMV4 | 4 |
| Blocco : TMV5 | 5 |
| CARICHI | 5 |
| PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI | 5 |
| VERIFICHE | 7 |
| Verifica di stabilità globale : | 7 |
| Verifica di stabilità interna : | 8 |
| Verifica di stabilità interna : | 10 |
| Verifica di stabilità interna : | 12 |
| Verifica come muro di sostegno : | 14 |

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : AE Descrizione : Argine esistente
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 50.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 21.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 20000.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.25

Terreno : AP Descrizione : Argille Palombini
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 18.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 21.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 20000.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.25

Terreno : GH Descrizione : Ghiaia
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 0.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 19.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 19.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : SUB Descrizione : Substrato argille Palombini
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 27.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 21.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 50000.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.25

PROFILI STRATIGRAFICI
Strato: AE

Descrizione:

Terreno : AE

| | | | | | | | |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 55.78 | 9.81 | 59.20 | 15.73 | 60.70 | 15.73 | 65.00 | 18.49 |

Strato: AP

Descrizione:

Terreno : AP

| | | | | | | | |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 37.78 | 8.61 | 57.30 | 28.03 | 65.00 | 28.03 | | |

Strato: GH

Descrizione:

Terreno : GH

| | | | | | | | |
|-------|------|-------|------|-----|-----|-----|-----|
| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 37.80 | 7.71 | 52.67 | 7.71 | | | | |

Strato: SUB

Descrizione:

Terreno : SUB

| | | | | | | | |
|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 0.00 | 0.00 | 3.48 | 0.52 | 9.86 | 2.80 | 12.28 | 4.02 |
| 27.79 | 8.67 | 31.25 | 9.31 | 33.20 | 9.25 | 34.04 | 9.51 |
| 37.53 | 9.89 | 37.78 | 8.61 | 37.80 | 7.71 | 37.82 | 6.91 |
| 49.91 | 5.85 | 52.67 | 7.71 | 55.78 | 9.81 | 65.00 | 9.19 |

BLOCCHI RINFORZATI
Blocco : TMV1

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 16.00 Altezza.....= 4.64
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 36.90 Ordinata.....= 7.73
 Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: AP
 Terreno di riempimento a tergo.....: AP
 Terreno di copertura.....: AP
 Terreno di fondazione.....: SUB

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m].....= 3.00
 Interasse.....[m].....= 0.58
 Risvolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 150

Lunghezza.....[m].....= 16.00
 Interasse verticale.....[m].....= 0.58
 Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : TMV2

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 14.00 Altezza..... = 4.64
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMV1
Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
Rilevato strutturale.....: AP
Terreno di riempimento a tergo.....: AP
Terreno di copertura.....: AP
Terreno di fondazione.....: AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
Interasse.....[m]..... = 0.58
Risolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 150

Lunghezza.....[m]..... = 14.00
Interasse verticale.....[m]..... = 1.16
Offset.....[m]..... = 0.00

Blocco : TMV3

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 14.00 Altezza..... = 4.64
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMV2
Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
Rilevato strutturale.....: AP
Terreno di riempimento a tergo.....: AP
Terreno di copertura.....: AP
Terreno di fondazione.....: AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
Interasse.....[m]..... = 0.58
Risolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 80

Lunghezza.....[m]..... = 14.00
Interasse verticale.....[m]..... = 1.16
Offset.....[m]..... = 0.00

Blocco : TMV4

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 11.00 Altezza..... = 2.90
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMV3
Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
Rilevato strutturale.....: AP

Terreno di riempimento a tergo..... : AP
Terreno di copertura..... : AP
Terreno di fondazione..... : AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m] = 3.00
Interasse.....[m] = 0.58
Risolto.....[m] = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 80

Lunghezza.....[m] = 11.00
Interasse verticale.....[m] = 1.16
Offset.....[m] = 0.00

Blocco : TMV5

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 7.50 Altezza..... = 3.48
Arretramento.....[m] = 0.00 da TMV4
Inclinazione paramento.....[°] : 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Argilla
Rilevato strutturale..... : AP
Terreno di riempimento a tergo..... : AP
Terreno di copertura..... : AP
Terreno di fondazione..... : AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m] = 3.00
Interasse.....[m] = 0.58
Risolto.....[m] = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 80

Lunghezza.....[m] = 7.50
Interasse verticale.....[m] = 1.16
Offset.....[m] = 0.58

CARICHI**Pressione : CS**

Descrizione : Passaggio automezzi

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²] = 20.00 Inclinazione.....[°] = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 58.20 To = 63.20

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI**Linear Composites - ParaDrain - 150**

Carico di rottura Nominale Tr.....[kN/m] : 150.00
Rapporto di Scorrimento plastico..... : 0.00

| | | |
|---|----------------------|----------|
| Coefficiente di Scorrimento elastico..... | [m ³ /kN] | 1.10e-04 |
| Rigidezza estensionale..... | [kN/m] | 1667.00 |
| Lunghezza minima di ancoraggio..... | [m] | 0.15 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... | | 1.52 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... | | 1.51 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... | | 1.51 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... | | 1.51 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... | | 1.00 |
| Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo..... | | 0.21 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia..... | | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia..... | | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo..... | | 0.60 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla..... | | 0.50 |

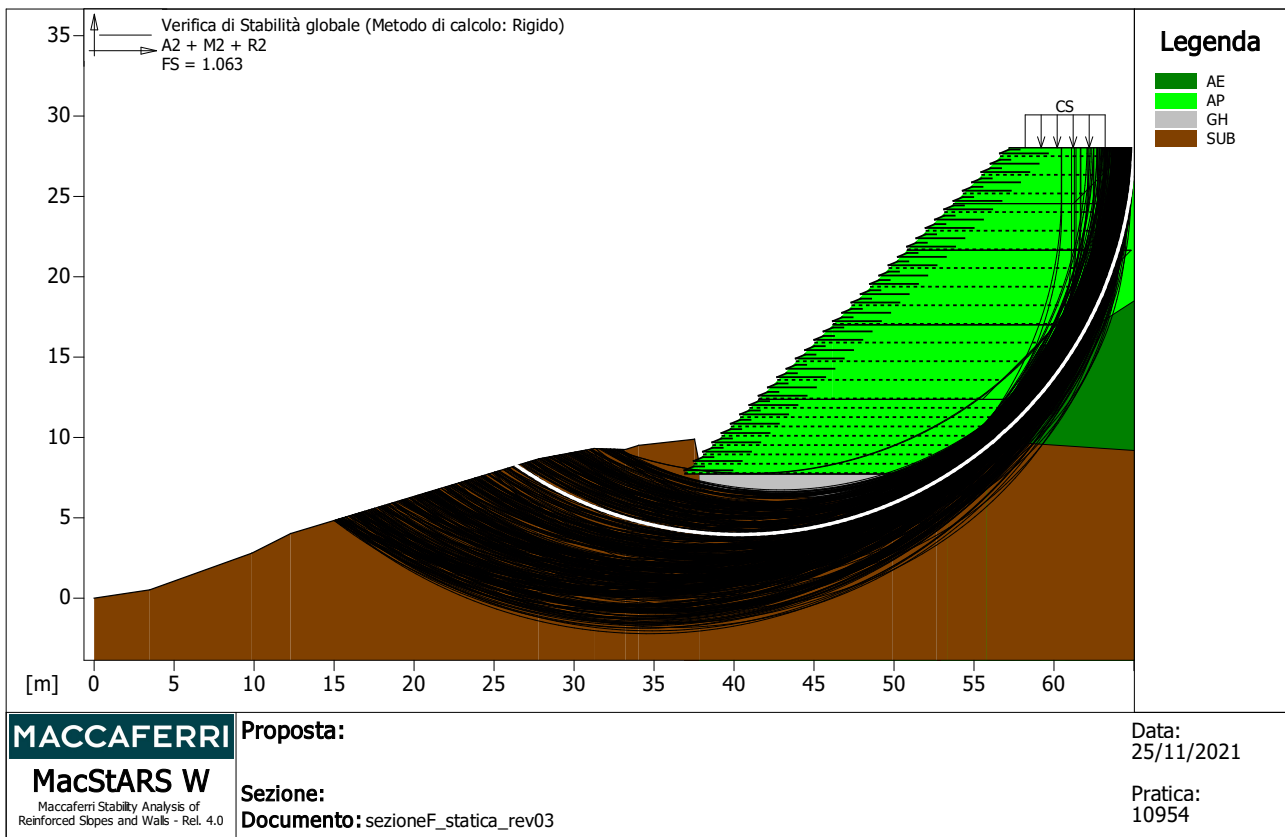
Linear Composites - ParaDrain - 80

| | | |
|---|----------------------|----------|
| Carico di rottura Nominale Tr | [kN/m] | 80.00 |
| Rapporto di Scorrimento plastico..... | | 0.00 |
| Coefficiente di Scorrimento elastico..... | [m ³ /kN] | 1.10e-04 |
| Rigidezza estensionale..... | [kN/m] | 889.00 |
| Lunghezza minima di ancoraggio..... | [m] | 0.15 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... | | 1.54 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... | | 1.52 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... | | 1.52 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... | | 1.52 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... | | 1.00 |
| Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo..... | | 0.16 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia..... | | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia..... | | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo..... | | 0.60 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla..... | | 0.50 |

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

| | | |
|---|----------------------|----------|
| Carico di rottura Nominale Tr | [kN/m] | 50.00 |
| Rapporto di Scorrimento plastico..... | | 2.00 |
| Coefficiente di Scorrimento elastico..... | [m ³ /kN] | 1.10e-04 |
| Rigidezza estensionale..... | [kN/m] | 500.00 |
| Lunghezza minima di ancoraggio..... | [m] | 0.15 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... | | 1.26 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... | | 1.00 |
| Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo..... | | 0.30 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia..... | | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia..... | | 0.65 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo..... | | 0.50 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla..... | | 0.30 |

VERIFICHE



Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

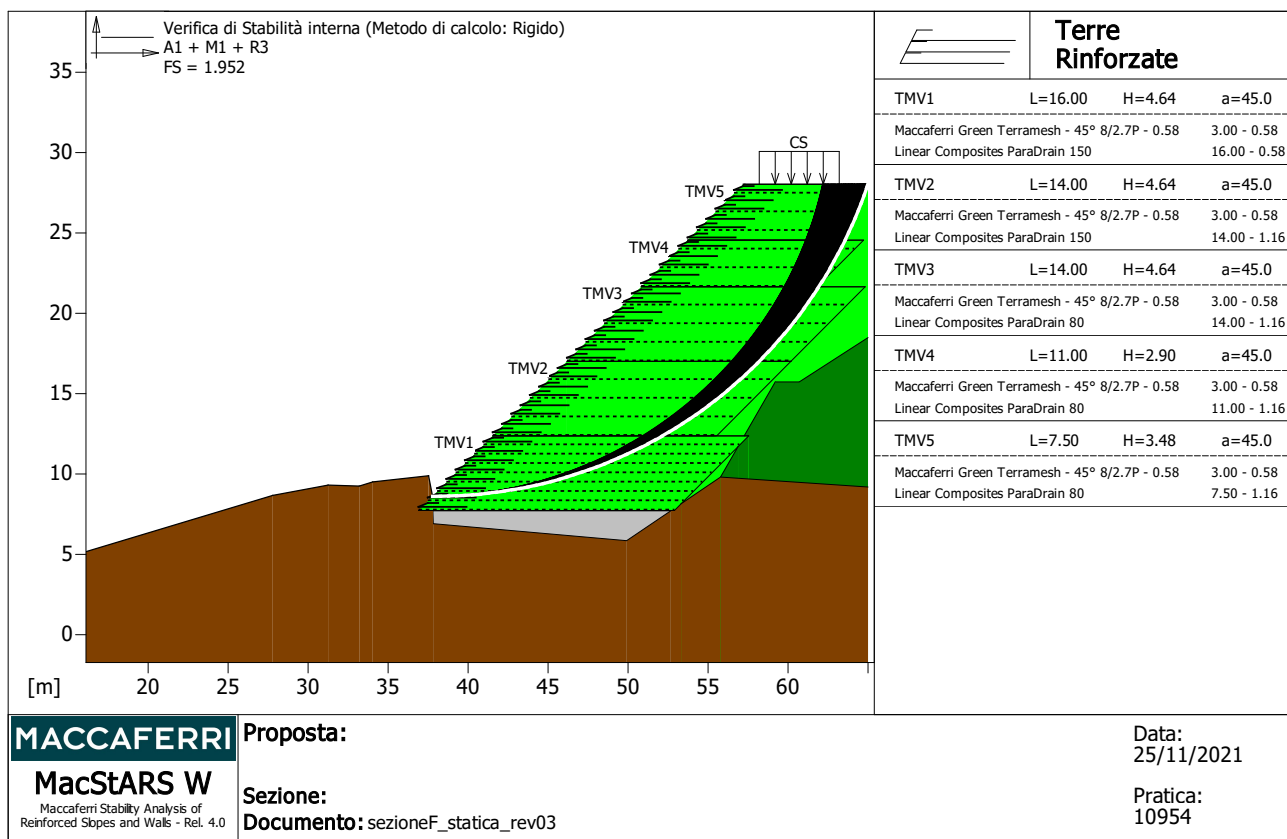
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.063

Intervallo di ricerca delle superfici

| Segmento di partenza, ascisse [m] | | Segmento di arrivo, ascisse [m] | |
|--|---------------|---------------------------------|---------------|
| Primo punto | Secondo punto | Primo punto | Secondo punto |
| 15.00 | 33.00 | 58.00 | 65.00 |
| Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza..... | | 200 | |
| Numero totale superfici di prova..... | | 2000 | |
| Lunghezza segmenti delle superfici..... [m]..... | | 0.50 | |
| Angolo limite orario..... [°]..... | | 0.00 | |
| Angolo limite antiorario..... [°]..... | | 0.00 | |

| Fattore | Classe |
|---------|---|
| 1.30 | Variabile - sfavorevole |
| 1.25 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio |
| 1.25 | Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |
| 1.10 | Coeff. Parziale R - Stabilità |



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.952

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco

TMV1

Segmento di arrivo, ascisse [m]

Primo punto

45.00

Secondo punto

65.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza : 1

Numero totale superfici di prova : 2000

Lunghezza segmenti delle superfici [m] : 0.50

Angolo limite orario [°] : 1.00

Angolo limite antiorario [°] : 0.00

Blocco : TMV1

Linear Composites - ParaDrain - 150

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|-------------------|----------------------|------------------|--------|-------|
| [m] | rottura [kN/m] | sfilamento [kN/m] | agente [kN/m] | 1/Fmax | |
| 1.160 | 150.0 | 61.9 | 61.9 | 2.42 | 1.00 |
| 1.740 | 150.0 | 155.8 | 99.3 | 1.51 | 1.57 |
| 2.320 | 150.0 | 232.1 | 99.3 | 1.51 | 2.34 |
| 2.900 | 150.0 | 296.4 | 99.3 | 1.51 | 2.98 |
| 3.480 | 150.0 | 350.6 | 99.3 | 1.51 | 3.53 |
| 4.060 | 150.0 | 396.3 | 99.3 | 1.51 | 3.99 |

Blocco : TMV2
Linear Composites - ParaDrain - 150

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|---------|------------|--------|--------|-------|
| [m] | rottura | sfilamento | agente | 1/Fmax | |
| | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | | |
| 0.000 | 150.0 | 319.3 | 99.3 | 1.51 | 3.22 |
| 1.160 | 150.0 | 260.8 | 99.3 | 1.51 | 2.63 |
| 2.320 | 150.0 | 221.5 | 99.3 | 1.51 | 2.23 |
| 3.480 | 150.0 | 199.4 | 99.3 | 1.51 | 2.01 |

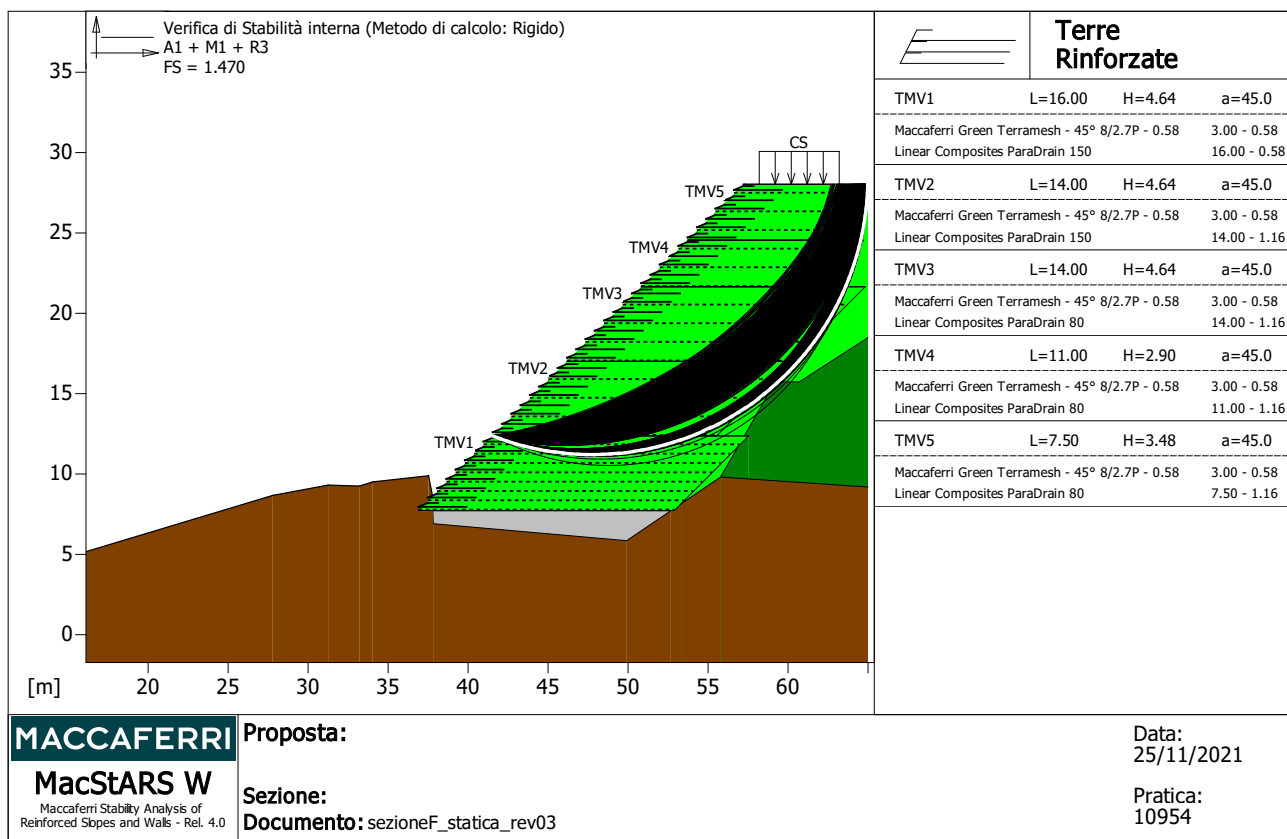
Blocco : TMV3
Linear Composites - ParaDrain - 80

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|---------|------------|--------|--------|-------|
| [m] | rottura | sfilamento | agente | 1/Fmax | |
| | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | | |
| 0.000 | 80.0 | 189.6 | 52.6 | 1.52 | 3.60 |
| 1.160 | 80.0 | 178.2 | 52.6 | 1.52 | 3.39 |
| 2.320 | 80.0 | 174.5 | 52.6 | 1.52 | 3.32 |
| 3.480 | 80.0 | 169.0 | 52.6 | 1.52 | 3.21 |

Blocco : TMV4
Linear Composites - ParaDrain - 80

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|---------|------------|--------|--------|-------|
| [m] | rottura | sfilamento | agente | 1/Fmax | |
| | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | | |
| 1.160 | 80.0 | 17.2 | 17.2 | 4.65 | 1.00 |
| 2.320 | 80.0 | 26.8 | 26.8 | 2.99 | 1.00 |

| Fattore | Classe |
|---------|---|
| 1.50 | Variabile - sfavorevole |
| 1.00 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |
| 1.00 | Coeff. Parziale R - Stabilità |



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.470

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco
TMV2

Segmento di arrivo, ascisse [m]
Primo punto
50.00
Secondo punto
65.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1
Numero totale superfici di prova.....: 2000
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50
Angolo limite orario..... [°].....: 0.00
Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

Blocco : TMV1
Linear Composites - ParaDrain - 150

| Y | Tb rottura | Tp sfilamento | Td agente | Tb/Td 1/Fmax | Tp/Td |
|-------|---------------|------------------|--------------|-----------------|-------|
| [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | | |
| 4.060 | 150.0 | 485.2 | 99.3 | 1.51 | 4.89 |

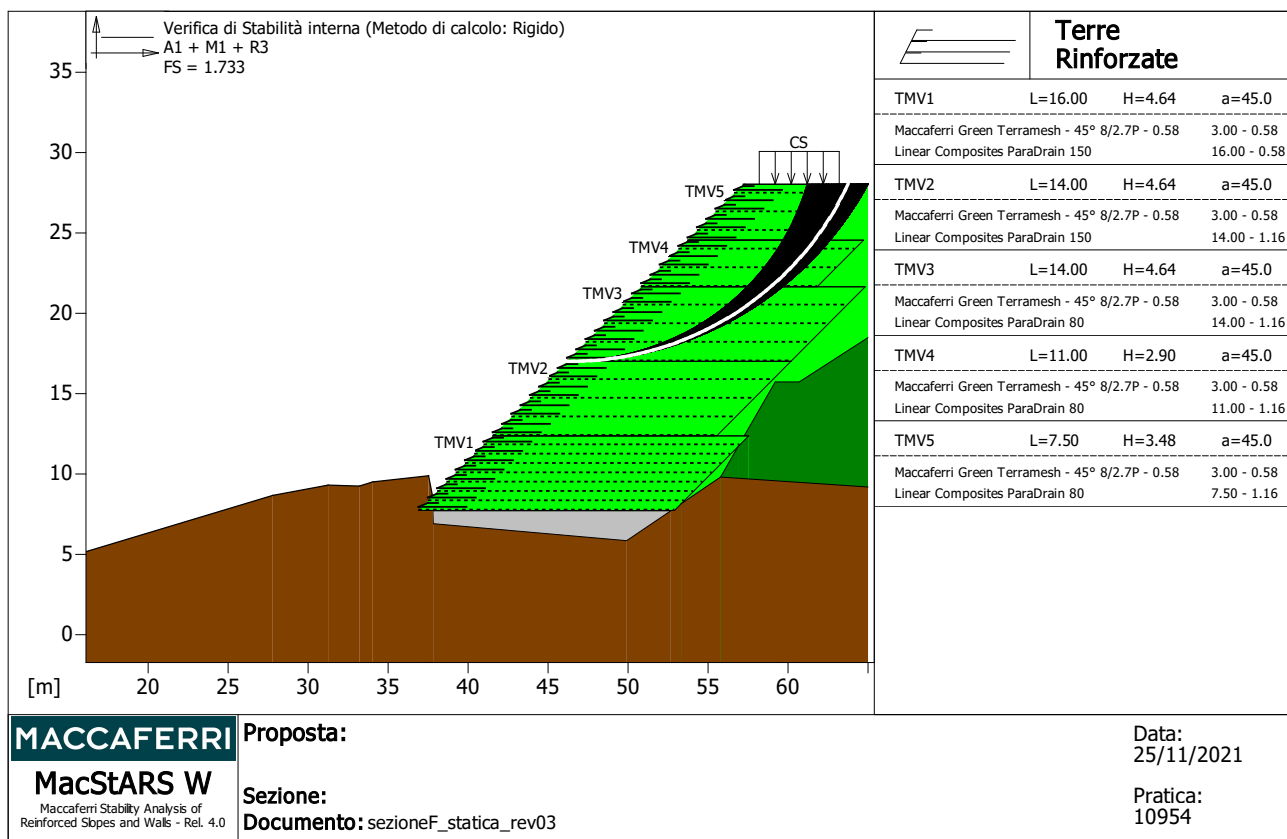
Blocco : TMV2
Linear Composites - ParaDrain - 150

| Y | Tb rottura | Tp sfilamento | Td agente | Tb/Td 1/Fmax | Tp/Td |
|-------|---------------|------------------|--------------|-----------------|-------|
| [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | | |
| 0.000 | 150.0 | 159.8 | 99.3 | 1.51 | 1.61 |
| 1.160 | 150.0 | 33.2 | 33.2 | 4.52 | 1.00 |

Blocco : TMV3
Linear Composites - ParaDrain - 80

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|---------|------------|--------|--------|-------|
| [m] | rottura | sfilamento | agente | 1/Fmax | |
| | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | | |
| 3.480 | 80.0 | 37.6 | 37.6 | 2.13 | 1.00 |

| Fattore | Classe |
|---------|---|
| 1.50 | Variabile - sfavorevole |
| 1.00 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |
| 1.00 | Coeff. Parziale R - Stabilità |



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.733

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco
TMV3

Segmento di arrivo, ascisse [m]

Primo punto

56.00

Secondo punto

65.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza : 1

Numero totale superfici di prova : 2000

Lunghezza segmenti delle superfici [m] : 0.50

Angolo limite orario [°] : 1.00

Angolo limite antiorario [°] : 0.00

Blocco : TMV3

Linear Composites - ParaDrain - 80

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|-------------------|----------------------|------------------|--------|-------|
| [m] | rottura [kN/m] | sfilamento [kN/m] | agente [kN/m] | 1/Fmax | |
| 1.160 | 80.0 | 119.5 | 52.6 | 1.52 | 2.27 |
| 2.320 | 80.0 | 188.1 | 52.6 | 1.52 | 3.58 |
| 3.480 | 80.0 | 228.4 | 52.6 | 1.52 | 4.34 |

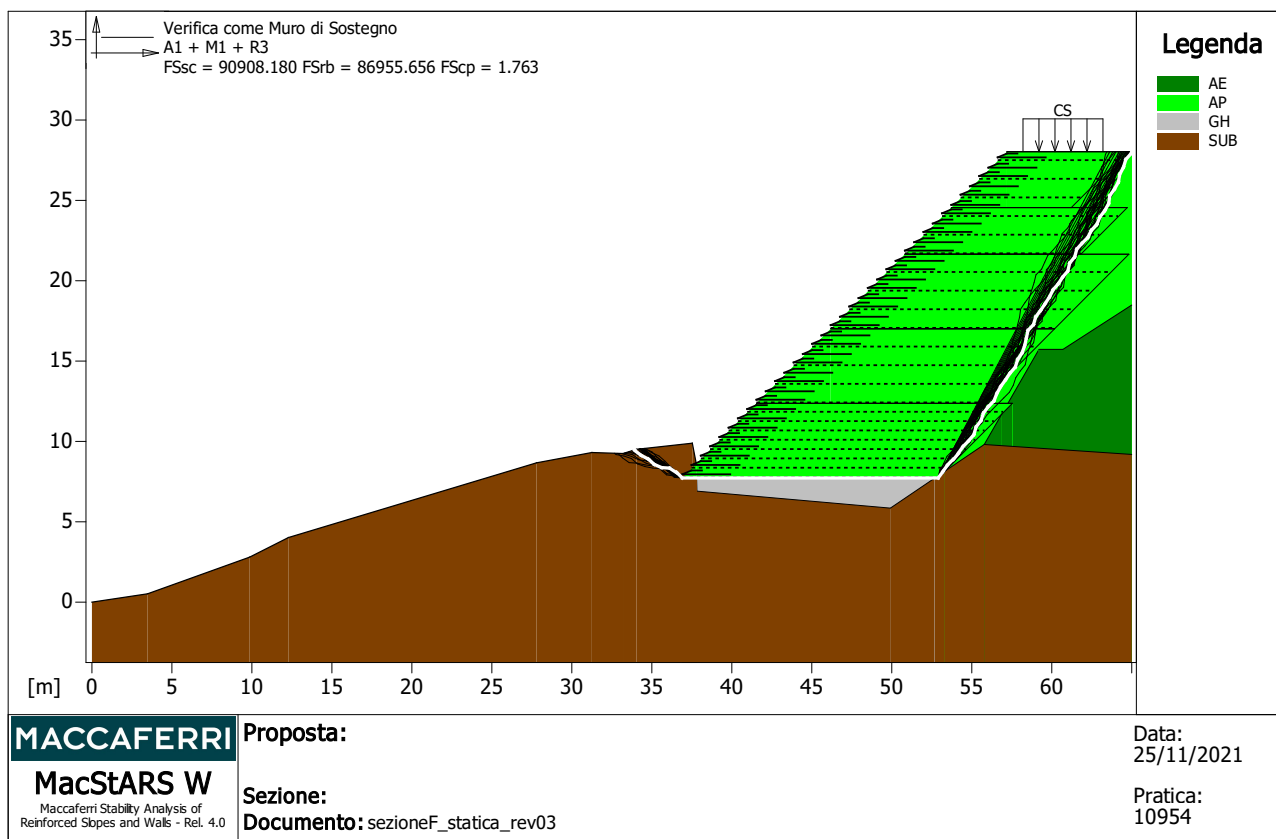
Blocco : TMV4
Linear Composites - ParaDrain - 80

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|-------------------|----------------------|------------------|--------|-------|
| [m] | rottura [kN/m] | sfilamento [kN/m] | agente [kN/m] | 1/Fmax | |
| 0.000 | 80.0 | 175.9 | 52.6 | 1.52 | 3.34 |
| 1.160 | 80.0 | 146.3 | 52.6 | 1.52 | 2.78 |
| 2.320 | 80.0 | 115.6 | 52.6 | 1.52 | 2.20 |

Blocco : TMV5
Linear Composites - ParaDrain - 80

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|-------------------|----------------------|------------------|--------|-------|
| [m] | rottura [kN/m] | sfilamento [kN/m] | agente [kN/m] | 1/Fmax | |
| 2.900 | 80.0 | 2.9 | 2.9 | 27.59 | 1.00 |

| Fattore | Classe |
|---------|---|
| 1.50 | Variabile - sfavorevole |
| 1.00 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |
| 1.00 | Coeff. Parziale R - Stabilità |



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : TMV1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 2488.00

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....:-2064.00

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....:90908.180

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....:90312.00

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....:-23995.00

Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....:86955.656

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 936.15

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 379.20

Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.763

Fondazione equivalente.....[m].....: 16.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -12.03

Braccio momento.....[m].....: 11.63

Forza normale.....[kN].....: 5705.30

Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....:-7032.97

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 5619.02

| Fattore | Classe |
|---------|---|
| 1.50 | Variabile - sfavorevole |
| 1.00 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |

| | |
|------|---------------------------------------|
| 1.10 | Coeff. parziale R - Scorrimento |
| 1.40 | Coeff. parziale R - Capacità portante |
| 1.15 | Coeff. parziale R - Ribaltamento |

Officine Maccaferri non è responsabile dei disegni e dei calcoli trasmessi al Cliente sulla base dei dati forniti dal medesimo, né è responsabile del progetto e delle verifiche sui luoghi che dovessero successivamente realizzarsi senza specifico incarico.

Il presente elaborato è stato realizzato sulla base dei prodotti di Officine Maccaferri ai soli fini dell'elaborazione dell'offerta. Pertanto Officine Maccaferri non è responsabile in caso di un uso dell'elaborato con prodotti diversi da quelli di Officine Maccaferri o, comunque, non controllato da parte di Officine Maccaferri stessa.

Allegato 6

Dimensionamento sismico rilevato in terra rinforzata

MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta___:

Sezione____:

Località____:

Pratica____: 10954

File_____: sezioneF_sismica_rev03

Data_____: 25/11/2021

Verifiche condotte in accordo alla normativa : NTC 2018
_Verifiche di sicurezza (SLU)

SOMMARIO

| | |
|---|----|
| CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI | 2 |
| PROFILI STRATIGRAFICI | 3 |
| BLOCCHI RINFORZATI | 3 |
| Blocco : TMV1 | 3 |
| Blocco : TMV2 | 4 |
| Blocco : TMV3 | 4 |
| Blocco : TMV4 | 4 |
| Blocco : TMV5 | 5 |
| CARICHI | 5 |
| PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI | 6 |
| VERIFICHE | 8 |
| Verifica di stabilità globale : | 8 |
| Verifica di stabilità interna : | 10 |
| Verifica di stabilità interna : | 12 |
| Verifica di stabilità interna : | 14 |
| Verifica come muro di sostegno : | 16 |

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : AE Descrizione : Argine esistente
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 50.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 21.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 20000.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.25

Terreno : AP Descrizione : Argille Palombini
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 18.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 21.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 20000.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.25

Terreno : GH Descrizione : Ghiaia
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 0.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 19.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 19.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : SUB Descrizione : Substrato argille Palombini
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 27.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 21.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 50000.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.25

PROFILI STRATIGRAFICI
Strato: AE

Descrizione:

Terreno : AE

| | | | | | | | |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 55.78 | 9.81 | 59.20 | 15.73 | 60.70 | 15.73 | 65.00 | 18.49 |

Strato: AP

Descrizione:

Terreno : AP

| | | | | | | | |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 37.78 | 8.61 | 57.30 | 28.03 | 65.00 | 28.03 | | |

Strato: GH

Descrizione:

Terreno : GH

| | | | | | | | |
|-------|------|-------|------|-----|-----|-----|-----|
| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 37.80 | 7.71 | 52.67 | 7.71 | | | | |

Strato: SUB

Descrizione:

Terreno : SUB

| | | | | | | | |
|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 0.00 | 0.00 | 3.48 | 0.52 | 9.86 | 2.80 | 12.28 | 4.02 |
| 27.79 | 8.67 | 31.25 | 9.31 | 33.20 | 9.25 | 34.04 | 9.51 |
| 37.53 | 9.89 | 37.78 | 8.61 | 37.80 | 7.71 | 37.82 | 6.91 |
| 49.91 | 5.85 | 52.67 | 7.71 | 55.78 | 9.81 | 65.00 | 9.19 |

BLOCCHI RINFORZATI
Blocco : TMV1

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 16.00 Altezza.....= 4.64
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 36.90 Ordinata.....= 7.73
 Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: AP
 Terreno di riempimento a tergo.....: AP
 Terreno di copertura.....: AP
 Terreno di fondazione.....: SUB

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m].....= 3.00
 Interasse.....[m].....= 0.58
 Risvolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 16.00
 Interasse verticale.....[m].....= 0.58
 Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : TMV2

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 14.00 Altezza..... = 4.64
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMV1
Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
Rilevato strutturale.....: AP
Terreno di riempimento a tergo.....: AP
Terreno di copertura.....: AP
Terreno di fondazione.....: AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
Interasse.....[m]..... = 0.58
Risolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 14.00
Interasse verticale.....[m]..... = 1.16
Offset.....[m]..... = 0.00

Blocco : TMV3

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 14.00 Altezza..... = 4.64
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMV2
Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
Rilevato strutturale.....: AP
Terreno di riempimento a tergo.....: AP
Terreno di copertura.....: AP
Terreno di fondazione.....: AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
Interasse.....[m]..... = 0.58
Risolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 14.00
Interasse verticale.....[m]..... = 1.16
Offset.....[m]..... = 0.00

Blocco : TMV4

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 11.00 Altezza..... = 2.90
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMV3
Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
Rilevato strutturale.....: AP

Terreno di riempimento a tergo..... : AP
Terreno di copertura..... : AP
Terreno di fondazione..... : AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m] = 3.00
Interasse.....[m] = 0.58
Risolto.....[m] = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

Lunghezza.....[m] = 11.00
Interasse verticale.....[m] = 1.16
Offset.....[m] = 0.00

Blocco : TMV5

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 7.50 Altezza..... = 3.48
Arretramento.....[m] = 0.00 da TMV4
Inclinazione paramento.....[°] : 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Argilla
Rilevato strutturale..... : AP
Terreno di riempimento a tergo..... : AP
Terreno di copertura..... : AP
Terreno di fondazione..... : AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m] = 3.00
Interasse.....[m] = 0.58
Risolto.....[m] = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

Lunghezza.....[m] = 7.50
Interasse verticale.....[m] = 1.16
Offset.....[m] = 0.58

CARICHI**Pressione : CS**

Descrizione : Passaggio automezzi

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²] = 4.00 Inclinazione.....[°] = 0.00
Ascissa.....[m] : Da = 58.20 To = 63.20

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²] : Orizzontale..... = 1.17 Verticale..... = 0.58

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI
Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

| | | |
|--|----------------------|----------|
| Carico di rottura Nominale Tr | [kN/m] | 150.00 |
| Rapporto di Scorrimento plastico | | 0.00 |
| Coefficiente di Scorrimento elastico | [m ³ /kN] | 1.10e-04 |
| Rigidezza estensionale | [kN/m] | 1667.00 |
| Lunghezza minima di ancoraggio | [m] | 0.15 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) | | 1.10 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo | | 0.21 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia | | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia | | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo | | 0.60 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla | | 0.50 |

Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

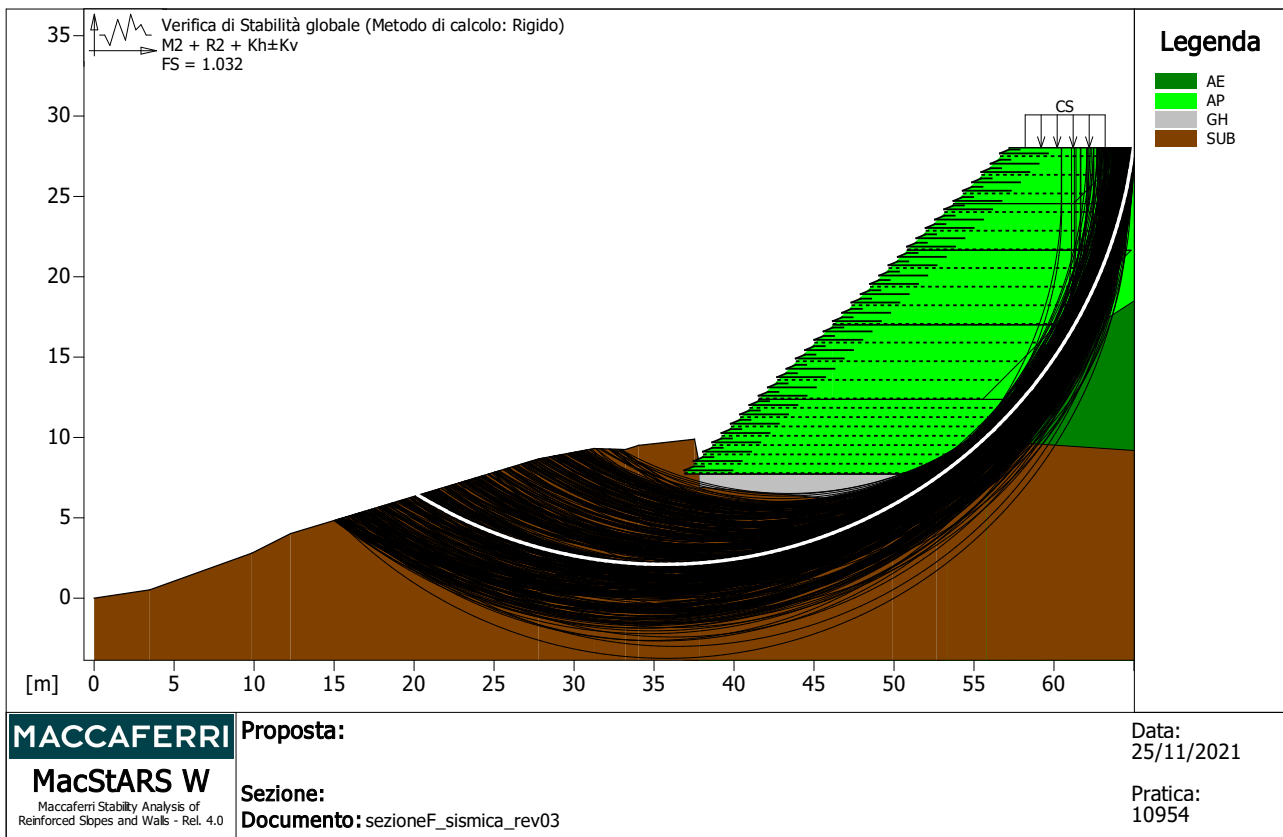
| | | |
|--|----------------------|----------|
| Carico di rottura Nominale Tr | [kN/m] | 80.00 |
| Rapporto di Scorrimento plastico | | 0.00 |
| Coefficiente di Scorrimento elastico | [m ³ /kN] | 1.10e-04 |
| Rigidezza estensionale | [kN/m] | 889.00 |
| Lunghezza minima di ancoraggio | [m] | 0.15 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) | | 1.11 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) | | 1.10 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) | | 1.10 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) | | 1.10 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo | | 0.16 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia | | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia | | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo | | 0.60 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla | | 0.50 |

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

| | | |
|--|----------------------|----------|
| Carico di rottura Nominale Tr | [kN/m] | 50.00 |
| Rapporto di Scorrimento plastico | | 2.00 |
| Coefficiente di Scorrimento elastico | [m ³ /kN] | 1.10e-04 |
| Rigidezza estensionale | [kN/m] | 500.00 |
| Lunghezza minima di ancoraggio | [m] | 0.15 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) | | 1.26 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo | | 0.30 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia | | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia | | 0.65 |

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....: | 0.50 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....: | 0.30 |

VERIFICHE



Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.032

Intervallo di ricerca delle superfici

| Segmento di partenza, ascisse [m] | | Segmento di arrivo, ascisse [m] | |
|--|---------------|---------------------------------|---------------|
| Primo punto | Secondo punto | Primo punto | Secondo punto |
| 15.00 | 33.00 | 58.00 | 65.00 |
| Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza..... | | 200 | |
| Numero totale superfici di prova..... | | 2000 | |
| Lunghezza segmenti delle superfici..... [m]..... | | 0.50 | |
| Angolo limite orario..... [°]..... | | 0.00 | |
| Angolo limite antiorario..... [°]..... | | 0.00 | |

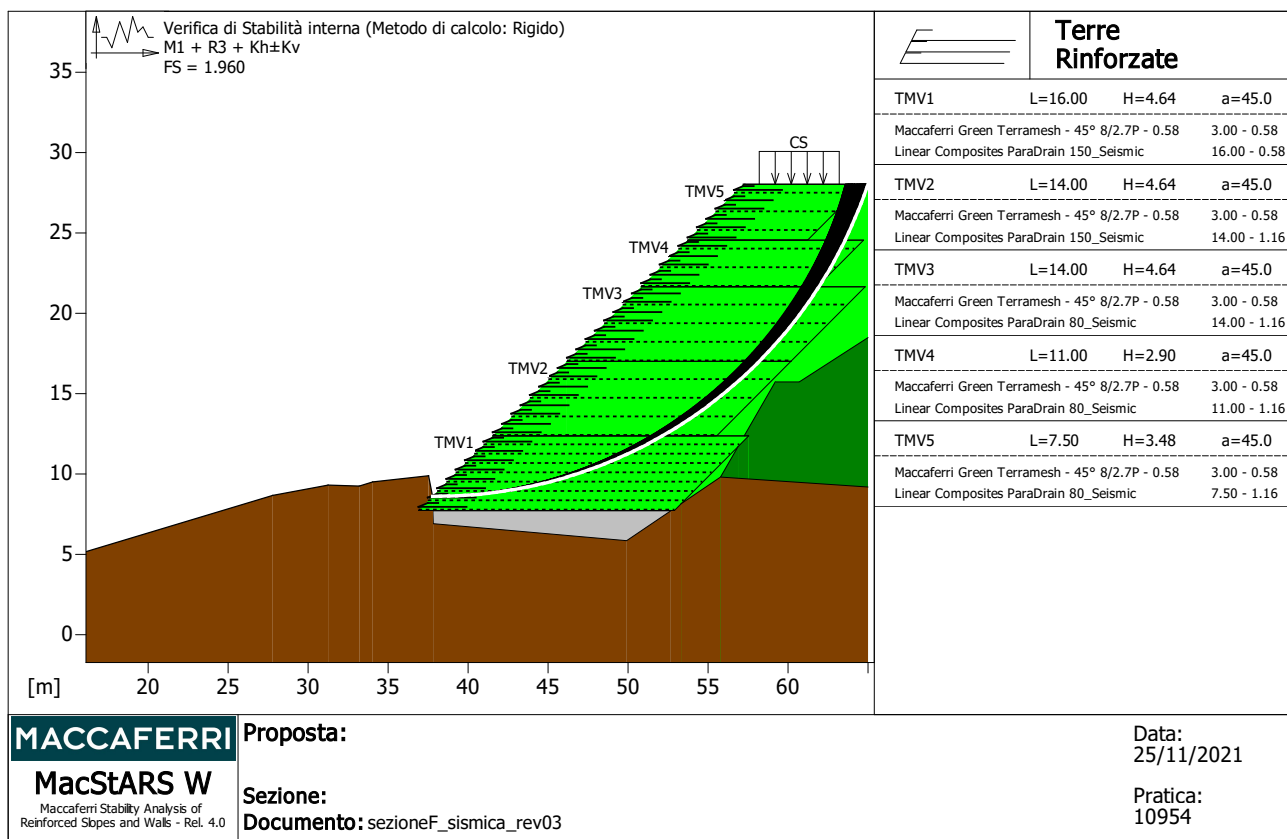
Blocco : TMV3

Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|---------|------------|--------|--------|-------|
| [m] | rottura | sfilamento | agente | 1/Fmax | |
| 3.480 | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | | |
| | 80.0 | 39.0 | 39.0 | 2.05 | 1.00 |

| Fattore | Classe |
|---------|---|
| 1.00 | Variabile - sfavorevole |
| 1.00 | Sisma |
| 1.00 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio |

| | |
|------|--|
| 1.00 | Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |
| 1.20 | Coeff. Parziale R - Stabilità |



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.960

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco
TMV1

Segmento di arrivo, ascisse [m]

Primo punto

45.00

Secondo punto

65.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza : 1

Numero totale superfici di prova : 2000

Lunghezza segmenti delle superfici [m] : 0.50

Angolo limite orario [°] : 1.00

Angolo limite antiorario [°] : 0.00

Blocco : TMV1

Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|-------------------|----------------------|------------------|--------|-------|
| [m] | rottura [kN/m] | sfilamento [kN/m] | agente [kN/m] | 1/Fmax | |
| 1.160 | 150.0 | 61.9 | 61.9 | 2.42 | 1.00 |
| 1.740 | 150.0 | 155.8 | 137.6 | 1.09 | 1.13 |
| 2.320 | 150.0 | 232.1 | 137.6 | 1.09 | 1.69 |
| 2.900 | 150.0 | 296.4 | 137.6 | 1.09 | 2.15 |
| 3.480 | 150.0 | 350.6 | 137.6 | 1.09 | 2.55 |
| 4.060 | 150.0 | 396.3 | 137.6 | 1.09 | 2.88 |

Blocco : TMV2
Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|---------|------------|--------|--------|-------|
| | rottura | sfilamento | agente | 1/Fmax | |
| [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | | |
| 0.000 | 150.0 | 319.3 | 137.6 | 1.09 | 2.32 |
| 1.160 | 150.0 | 260.8 | 137.6 | 1.09 | 1.90 |
| 2.320 | 150.0 | 221.5 | 137.6 | 1.09 | 1.61 |
| 3.480 | 150.0 | 191.2 | 137.6 | 1.09 | 1.39 |

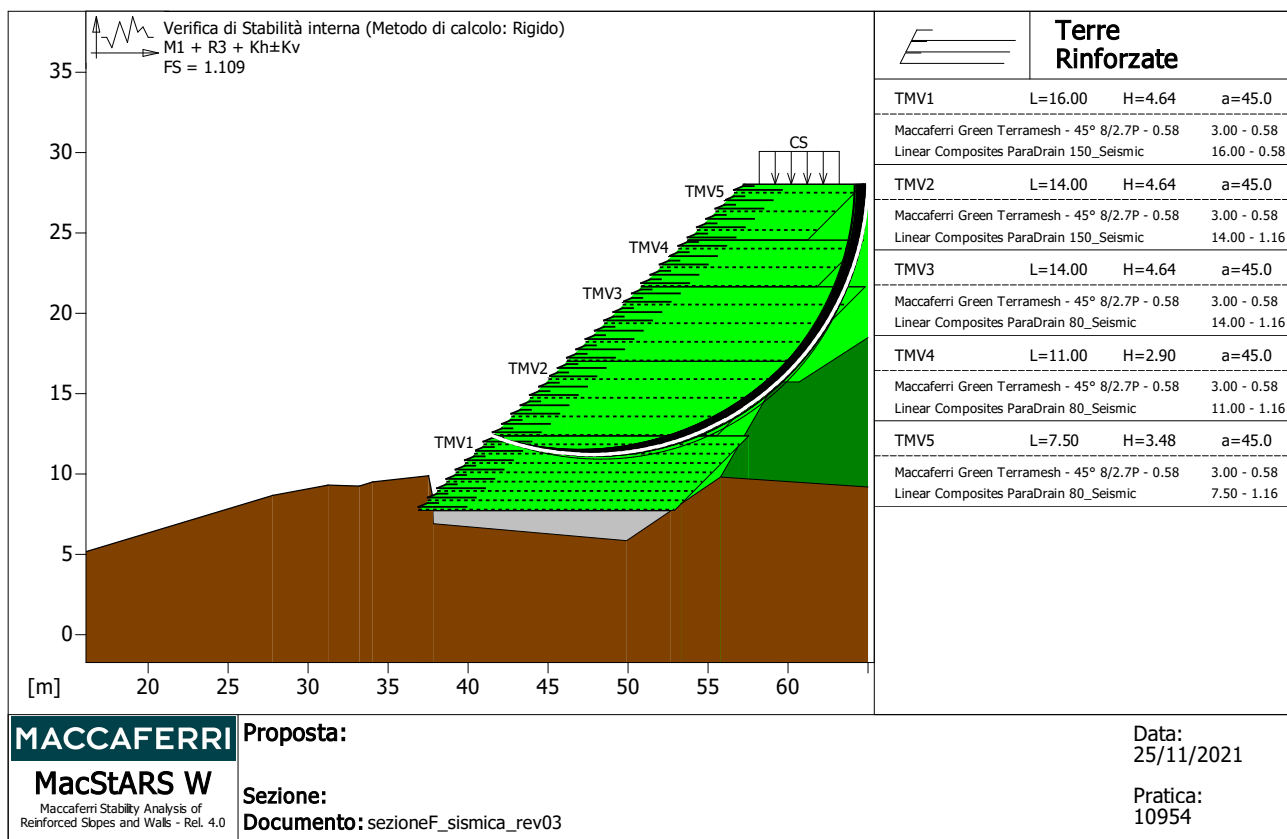
Blocco : TMV3
Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|---------|------------|--------|--------|-------|
| | rottura | sfilamento | agente | 1/Fmax | |
| [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | | |
| 0.000 | 80.0 | 169.9 | 72.7 | 1.10 | 2.34 |
| 1.160 | 80.0 | 157.8 | 72.7 | 1.10 | 2.17 |
| 2.320 | 80.0 | 152.2 | 72.7 | 1.10 | 2.09 |
| 3.480 | 80.0 | 148.5 | 72.7 | 1.10 | 2.04 |

Blocco : TMV4
Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|---------|------------|--------|--------|-------|
| | rottura | sfilamento | agente | 1/Fmax | |
| [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | | |
| 1.160 | 80.0 | 13.9 | 13.9 | 5.76 | 1.00 |
| 2.320 | 80.0 | 26.8 | 26.8 | 2.99 | 1.00 |

| Fattore | Classe |
|---------|---|
| 1.00 | Variabile - sfavorevole |
| 1.00 | Sisma |
| 1.00 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |
| 1.20 | Coeff. Parziale R - Stabilità |



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.109

Intervallo di ricerca delle superfici

| Blocco | Segmento di arrivo, ascisse [m] | |
|--------|---------------------------------|---------------|
| TMV2 | Primo punto | Secondo punto |
| | 50.00 | 65.00 |

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1
 Numero totale superfici di prova.....: 2000
 Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50
 Angolo limite orario..... [°].....: 0.00
 Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

Blocco : TMV1
 Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

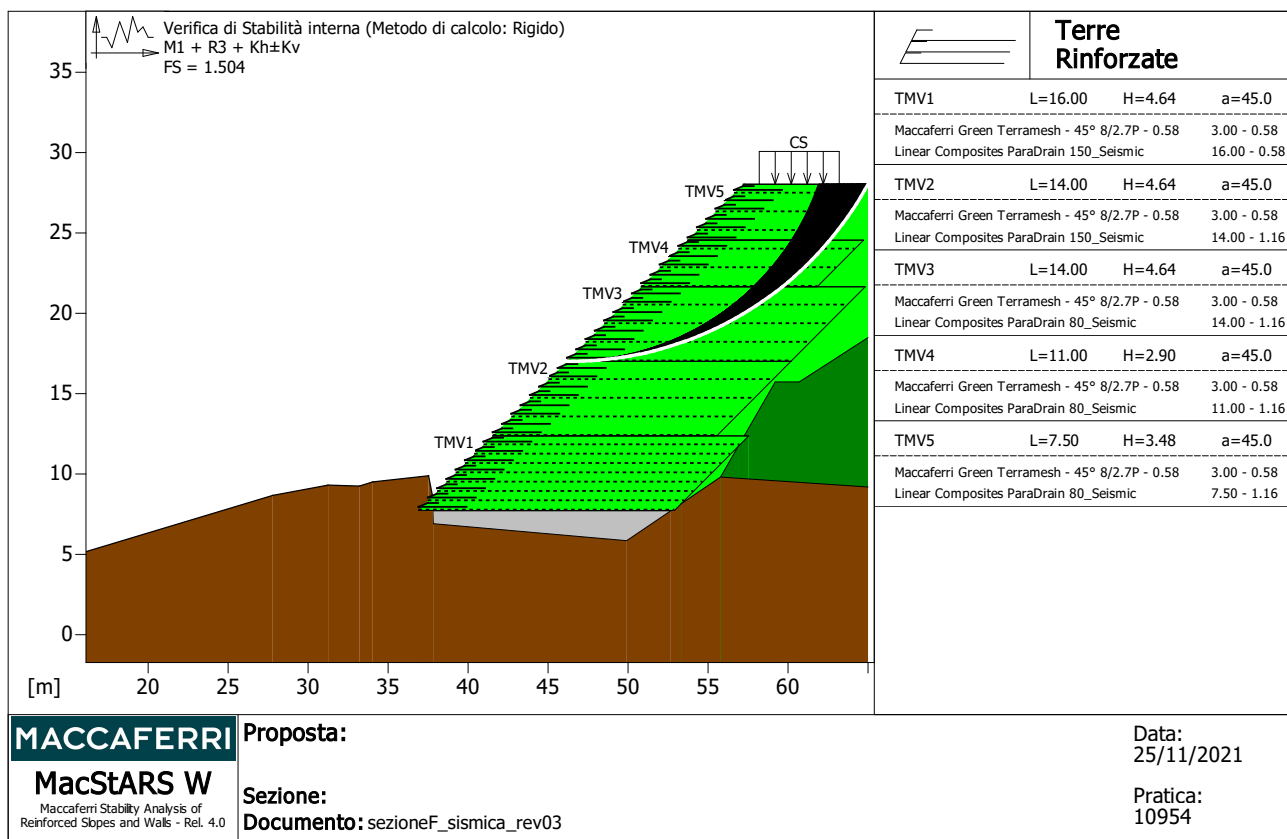
| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|---------|------------|--------|--------|-------|
| [m] | rottura | sfilamento | agente | 1/Fmax | |
| | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | | |
| 4.060 | 150.0 | 481.3 | 137.6 | 1.09 | 3.50 |

Blocco : TMV2
 Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|---------|------------|--------|--------|-------|
| [m] | rottura | sfilamento | agente | 1/Fmax | |
| | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | | |
| 0.000 | 150.0 | 162.9 | 137.6 | 1.09 | 1.18 |
| 1.160 | 150.0 | 35.6 | 35.6 | 4.21 | 1.00 |

Blocco : TMV3
Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|---------|---|----------------|----------------|--------|-------|
| [m] | rottura | sfilamento | agente | 1/Fmax | |
| 3.480 | [kN/m] 80.0 | [kN/m] 36.1 | [kN/m] 36.1 | 2.22 | 1.00 |
| Fattore | Classe | | | | |
| 1.00 | Variabile - sfavorevole | | | | |
| 1.00 | Sisma | | | | |
| 1.00 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio | | | | |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Coesione efficace | | | | |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole | | | | |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi | | | | |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi | | | | |
| 1.20 | Coeff. Parziale R - Stabilità | | | | |



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.504

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco
TMV3

Segmento di arrivo, ascisse [m]

Primo punto

56.00

Secondo punto

65.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza : 1

Numero totale superfici di prova : 2000

Lunghezza segmenti delle superfici [m] : 0.50

Angolo limite orario [°] : 1.00

Angolo limite antiorario [°] : 0.00

Blocco : TMV3

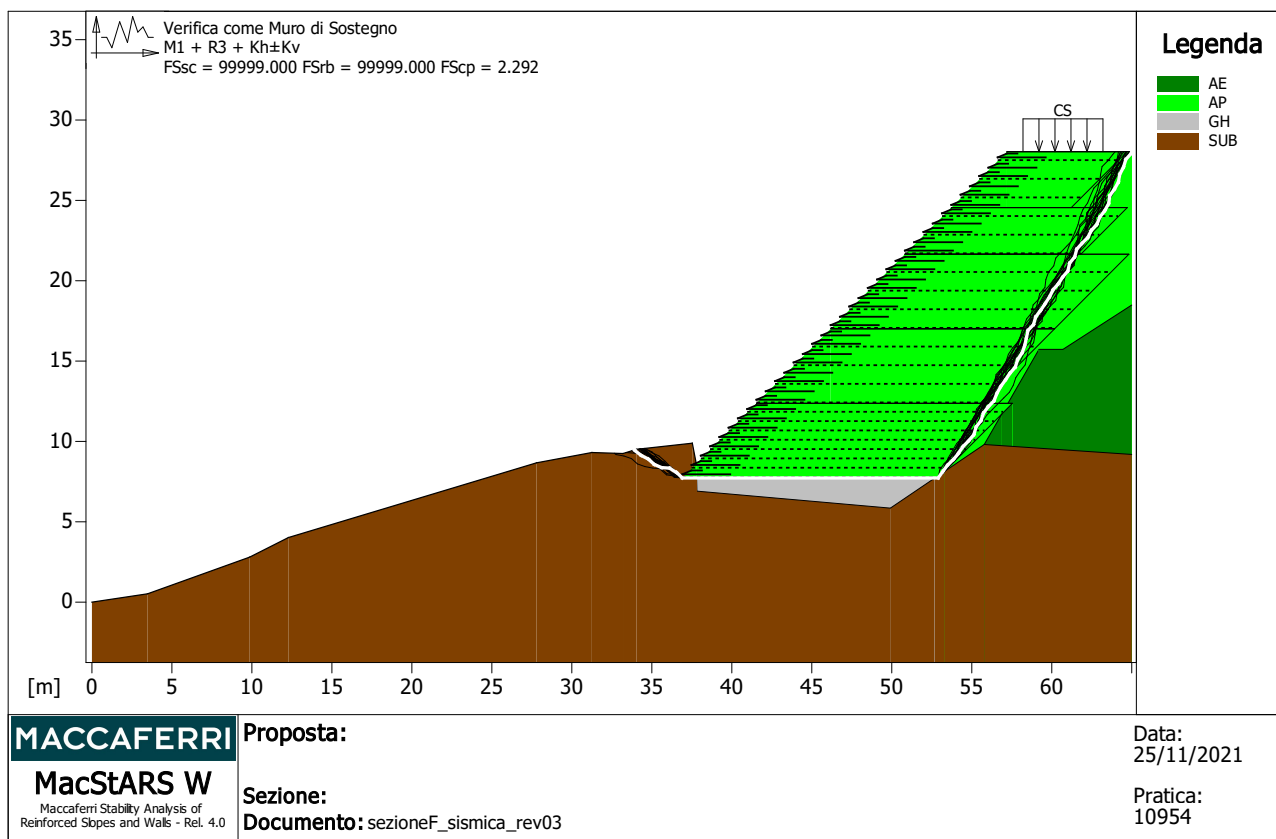
Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|-------------------|----------------------|------------------|--------|-------|
| [m] | rottura [kN/m] | sfilamento [kN/m] | agente [kN/m] | 1/Fmax | |
| 1.160 | 80.0 | 135.1 | 72.7 | 1.10 | 1.86 |
| 2.320 | 80.0 | 216.5 | 72.7 | 1.10 | 2.98 |
| 3.480 | 80.0 | 264.7 | 72.7 | 1.10 | 3.64 |

Blocco : TMV4
Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

| Y | Tb | Tp | Td | Tb/Td | Tp/Td |
|-------|-------------------|----------------------|------------------|--------|-------|
| [m] | rottura [kN/m] | sfilamento [kN/m] | agente [kN/m] | 1/Fmax | |
| 0.000 | 80.0 | 109.5 | 72.7 | 1.10 | 1.51 |
| 1.160 | 80.0 | 83.2 | 72.7 | 1.10 | 1.14 |
| 2.320 | 80.0 | 64.8 | 64.8 | 1.23 | 1.00 |

| Fattore | Classe |
|---------|---|
| 1.00 | Variabile - sfavorevole |
| 1.00 | Sisma |
| 1.00 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |
| 1.20 | Coeff. Parziale R - Stabilità |

**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : TMV1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 2312.30

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....:-1532.40

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....:99999.000

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....:87300.00

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....:-14313.00

Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....:99999.000

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 939.60

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 341.67

Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 2.292

Fondazione equivalente.....[m].....: 16.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -11.36

Braccio momento.....[m].....: 9.34

Forza normale.....[kN].....: 5247.60

Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....:-8684.41

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 7124.48

| Fattore | Classe |
|---------|---|
| 1.00 | Variabile - sfavorevole |
| 1.00 | Sisma |
| 1.00 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |

| | |
|------|---------------------------------------|
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |
| 1.00 | Coeff. parziale R - Scorrimento |
| 1.20 | Coeff. parziale R - Capacità portante |
| 1.00 | Coeff. parziale R - Ribaltamento |

Officine Maccaferri non è responsabile dei disegni e dei calcoli trasmessi al Cliente sulla base dei dati forniti dal medesimo, né è responsabile del progetto e delle verifiche sui luoghi che dovessero successivamente realizzarsi senza specifico incarico.

Il presente elaborato è stato realizzato sulla base dei prodotti di Officine Maccaferri ai soli fini dell'elaborazione dell'offerta. Pertanto Officine Maccaferri non è responsabile in caso di un uso dell'elaborato con prodotti diversi da quelli di Officine Maccaferri o, comunque, non controllato da parte di Officine Maccaferri stessa.
