

ROMA METROPOLITANE

DIRETTORE TECNICO:
DIREZIONE PROGETTAZIONE:
DIRETTORE DEI LAVORI:

ing. Luigi Napoli
Responsabile ing. Claudio Pasquali
ing. Dario Di Pietro

SISTEMA DI TRASPORTO PUBBLICO A CAPACITA' INTERMEDIA A SERVIZIO DEI CORRIDOI EUR-TOR DE' CENCI ED EUR LAURENTINA-TOR PAGNOTTA-TRIGORIA



| | | | |
|---|---|---|--|
| RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO arch. M. Meloni | RESPONSABILE DIREZIONE PROGETTAZIONE ing. C. Pasquali | RESPONSABILE DI PROGETTO ing. M. Enchelli | RESPONSABILE AREA STRUTTURE E GEOTECNICA ing. A. Dell'Armi |
| | | | |

CORRIDOIO EUR-TOR DE' CENCI - VARIANTE DI TRACCIATO **Conferenza di Servizi (27.11.2015 e 14.07.2017)**

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO

SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE - OPERE CIVILI

Relazione geotecnica

| rev | data | descrizione | redatto | verificato RP | approvato DP | autorizzato RdP |
|-----|----------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| - | Settembre 2015 | Emissione per CdS | ing. P. Adinolfi | ing. M. Enchelli | ing. C. Pasquali | arch. M. Meloni |
| A | Ottobre 2017 | PROGETTO ESITO CDS | ing. P. Adinolfi | ing. M. Enchelli | ing. C. Pasquali | arch. M. Meloni |
| B | | | | | | |
| C | | | | | | |

scala

A4

COMMESSA

T D C A 1 P E

CODIFICA

tratta fase opera liv elab argom progress rev

T U D T D C P R **DC** 001 **A**

SOMMARIO

| | |
|---|----------|
| 1. PREMESSA..... | 2 |
| 2. CENNI DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL SITO..... | 3 |
| 3. INDAGINI GEOTECNICHE..... | 4 |
| 4. MODELLO GEOTECNICO DI SOTTOSUOLO..... | 4 |
| 5. DIMENSIONAMENTO DELLA PLATEA DI FONDAZIONE..... | 6 |

1. PREMESSA

La presente relazione illustra, a livello di progettazione definitiva, il modello geotecnico di sottosuolo a supporto della progettazione delle 3 cabine delle SSE presenti lungo il tracciato della linea filoviaria del ramo EUR- Tor de' Cenci.

I manufatti in argomento (dimensione in pianta c.ca 17x7.80 o 20.40x7.80) sono interamente prefabbricati e fondati su una platea in c.a. (dimensione in pianta c.ca 18.40x8.20 o 21x8.20), previa realizzazione di uno scavo di c.ca 1.50 m di profondità. Come si può desumere dalla Carta degli spessori dei terreni di Riporto e dagli stralci della Carta Geologica negli allegati 2 e 3, data l'entità degli scavi, il piano di posa della platea di fondazione è all'interno di detti riporti, ovvero intacca le formazioni immediatamente ad essi sottostanti.

Attualmente non si hanno a disposizione dati specifici, pertanto, le indicazioni geologiche-geotecniche-sismiche a supporto sono state estratte da precedenti studi effettuati sulle zone adiacenti e limitrofe e contenuti:

- nella relazione geologica, idrogeologica e geotecnica, redatta dal dott. geol. Asquini ed allegata al progetto preliminare della metropolitana leggera-sistema automatico di trasporto "Eur Palasport – Tor de' Cenci" (elaborato 1 – 314 1004 2 R DG ID 004);
- nella relazione geologica, idrogeologica e geotecnica, redatta dal dott. geol. Piccoli ed allegata al progetto definitivo del corridoio filoviario ramo "Eur – Tor de' Cenci" (elaborato 2 – TDC 02 B1 TU D TDC C R DB 001 a);
- nella relazione geologica, redatta dal dott. geol. Zaffiro ed allegata al progetto esecutivo dell'Ambito 1 (Spinaceto – Maestrini) del corridoio filoviario ramo "Eur – Tor de' Cenci" (elaborato 3 – TDC A1 PE 01 000 00 R DB 002);
- nella relazione sulle indagini geognostiche e sismiche, redatta dalla Icofond S.r.l. ed allegata al progetto esecutivo dell'Ambito 1 (Spinaceto – Maestrini) del corridoio filoviario ramo "Eur – Tor de' Cenci" (elaborato 4 – TDC A1 PE 01 000 00 R DB 001);
- nella relazione geotecnica e delle fondazioni della sottostazione elettrica Tor de' Cenci, redatta dall'ing. Bracaglia ed allegata al progetto esecutivo dell'Ambito 1 (Spinaceto – Maestrini) del corridoio filoviario ramo "Eur – Tor de' Cenci" (elaborato 5 – TDC A1 PE 01 000 00 R HM 002).

Per la ricostruzione del modello geotecnico di sottosuolo, si fa pertanto riferimento alle indagini geotecniche in sito ed alle prove geotecniche di laboratorio in essi descritte. In particolare si prendono a riferimento i sondaggi S7 – S14 della campagna di indagine eseguita per la progettazione preliminare della metropolitana leggera “Eur Palasport – Tor De’ Cenci” nel 2000, nonché il sondaggio S1 della campagna di indagine eseguita per la progettazione definitiva del corridoio filoviario ramo “Eur – Tor De’ Cenci” nel 2007. Nei successivi capitoli si riportano quindi le considerazioni geologico-tecniche desunte dalle richiamate relazioni, rimandando alle successive fasi progettuali gli eventuali approfondimenti da parte del Progettista per confermare o meno i risultati ottenuti.

2. CENNI DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL SITO

Nell'allegato grafico 2 (stralcio della Carta Geologica) sono distinti dai più recenti ai più antichi i seguenti terreni:

- *Depositi Antropici, R (Olocene)*, depositi eterogenei dovuti all'ammassamento ed allo spostamento dei materiali per rilevati stradali, ferroviari, terrapieni, colmate (non rappresentati in carta). Si tratta in generale di terreni sciolti, eterogenei con matrice sabbioso-argillosa, talora argillosa, di colore marrone o grigio; sono costituiti prevalentemente da materiali piroclastici più o meno alterati e rimaneggiati e contengono frammenti di tufi lapidei e di laterizi di varie dimensioni, in quantità molto variabili da zona a zona. Dal confronto tra le carte topografiche di epoche diverse, dalla letteratura tecnico-scientifica, dalle stratigrafie dei sondaggi e dai profili geologici, lo spessore della coltre dei terreni di riporto nell'area di interesse risulta compreso tra 1 m e 3 m (elaborato grafico 3 – Carta degli spessori dei terreni di riporto).;
- *Depositi Alluvionali, SFTba (Olocene)*, depositi siltoso – sabbiosi e siltoso – argillosi delle pianure alluvionali; sono costituiti da depositi fini siltoso – argillosi alternati a livelli sabbiosi ed a livelli di torbe a diversa profondità. In generale i livelli sabbiosi presentano un grado di addensamento relativamente basso ed i livelli coesivi hanno consistenza bassa. Soprattutto nelle zone urbanizzate la parte più superficiale dei depositi alluvionali sfuma gradualmente al terreno di riporto soprastante. La forte variabilità dei terreni alluvionali, sia sulla stessa verticale di indagine che tra verticali di indagine relativamente vicine, è messa in evidenza anche dalle prove geotecniche in sito e dalle misure geofisiche eseguite in questi terreni. ;
- *Depositi fluvio-lacustri e fluvio-palustri, VGU*, i terreni di questa formazione sono localmente presenti sulle aree sommitali dei rilievi collinari e, subordinatamente, sui loro fianchi. Sono costituiti da

alternanze di livelli di sabbie limose localmente con ghiaia e di livelli di argille limose. Nell'ambito degli uni e degli altri livelli possono essere presenti concrezioni travertinose;

- *Vulcaniti (Piroclastiti): VSN2, VSN1*, la serie vulcanica è costituita in netta prevalenza da piroclastiti. Altrove la serie piroclastica è costituita dal "Tufo Lionato", localmente osservabile sui fianchi delle colline, dove questi sono più ripidi, e dalle "Pozzolane" presenti sia superiormente che inferiormente al Tufo Lionato. Tale distinzione, peraltro, ha carattere stratigrafico e non litologico. Nell'ambito dei termini della serie su indicata sono infatti possibili variazioni di costituzione e di caratteristiche tali da non consentirne il riferimento a litotipi ben definiti.

3. INDAGINI GEOTECNICHE

Per la descrizione dell'indagine geotecnica consistita nella esecuzione di prove in sito ed in laboratorio, e finalizzata alla caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area di interesse, si rimanda integralmente alla Relazione Geologica ed ai suoi allegati.

4. MODELLO GEOTECNICO DI SOTTOSUOLO

Sulla base della caratterizzazione geotecnica dei terreni, illustrata nella Relazione Geologica di progetto e derivante dalle indagini condotte nonché dai dati di letteratura disponibili, è possibile attribuire valori rappresentativi alle principali grandezze fisiche e meccaniche che definiscono, per la profondità d'interesse per le opere in studio, il modello geotecnico di sottosuolo nelle aree di intervento.

SSE-01

| UNITÀ LITOTECNICA | SPESSORE (m) | LITOTIPO | CARATTERISTICHE GEOTECNICHE (sono riportati i valori caratteristici) |
|-------------------------------------|--------------|--|--|
| R | 1,0 | RIPORTO | - |
| VSN ₁ – VSN ₂ | 8,0 | Piroclastite semilapidea alternata a livelli meno coerenti | c' = 0 kPa φ' = 29°- 36° γ _n = 16 kN/m ³ |

SSE-02

| UNITÀ LITOTECNICA | SPESSORE (m) | LITOTIPO | CARATTERISTICHE GEOTECNICHE (sono riportati i valori caratteristici) |
|-------------------|--------------|-----------|---|
| R | 3,0 | RIPORTO | - |
| VSN ₂ | 14,0 | Pozzolane | $c' = 0$ kPa $\phi' = 38^\circ$ $\gamma_n = 16$ kN/m ³ |

SSE-03

| UNITÀ LITOTECNICA | SPESSORE (m) | LITOTIPO | CARATTERISTICHE GEOTECNICHE (sono riportati i valori caratteristici) |
|-------------------|--------------|----------------------|---|
| R | 1,0 | RIPORTO | - |
| SFT _{ba} | 14,0 | Depositi alluvionali | $c' = 0$ kPa $\phi' = 29^\circ$ $\gamma_n = 16$ kN/m ³ |

SSE-04

| UNITÀ LITOTECNICA | SPESSORE (m) | LITOTIPO | CARATTERISTICHE GEOTECNICHE (sono riportati i valori caratteristici) |
|-------------------|--------------|----------------------|---|
| R | 3,0 | RIPORTO | - |
| SFT _{ba} | 19,0 | Depositi alluvionali | $c' = 0$ kPa $\phi' = 29^\circ$ $\gamma_n = 16$ kN/m ³ |

Ai fini di un pre-dimensionamento della platea di fondazione di uno dei manufatti SSE, il progettista, in questa fase di studio, assume cautelativamente le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche per il terreno sottostante il piano di posa:

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 25^\circ$$

$$\gamma_n = 16 \text{ kN/m}^3$$

5. DIMENSIONAMENTO DELLA PLATEA DI FONDAZIONE

Si effettua una verifica della platea di fondazione in c.a. presente al di sotto dei manufatti prefabbricati. A tal fine si schematizza il comportamento in esercizio della fondazione con una trave su suolo elastico (si ipotizza il terreno come mezzo alla Winkler), ove il coefficiente di reazione del terreno, in prima approssimazione, può assumersi (“Fondazioni”, Viggiani; cap. 9.3.3) pari a

$$K_s = E_{ed}/B$$

con $E_{ed} = 40 \text{ Kg/cm}^2$ (valore cautelativo per i terreni d’interesse)

$B = 100 \text{ cm}$ larghezza della fascia di fondazione

Si analizza il problema con il metodo degli elementi finiti FEM mediante programma di calcolo FTOOL. Si tratta di un programma di analisi bi-dimensionale, sviluppato in ambito universitario, già testato dal progettista per la risoluzione di problemi analoghi a quelli in esame, dando risultati corrispondenti a quelli attesi.

Si discretizza la fascia di fondazione ($L = 820 \text{ cm}$, $B = 100 \text{ cm}$) in un numero conveniente di elementi FRAME, in corrispondenza dei nodi vengono imposti dei vincoli di tipo SPRING, caratterizzati da una rigidità K_s sopra calcolata. La trave risulta caricata con un carico uniformemente distribuito e due forze concentrate in corrispondenza delle pareti.

Analisi dei carichi permanenti

Solaio di copertura alleggerito $s = 20 \text{ cm} = 3 \text{ kN/m}^2$

Pareti $s = 15 \text{ cm} = 0.15 \times 3.3 \times 1.00 \times 25 = 12.375 \text{ kN/m}$

Trave $30 \times 60 \text{ cm} = 0.3 \times 0.6 \times 1.00 \times 25 = 4.5 \text{ kN/m}$

Platea di fondazione $s = 35 \text{ cm} = 8.75 \text{ kN/m}$

Sovraccarico permanente platea = 10 kN/m^2

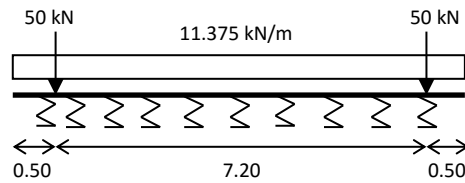
Analisi dei carichi accidentali

Carico accidentale in copertura = 2 kN/m^2

Si applicano ai carichi i coefficienti parziali della combinazione A1 (1-1.3 per i carichi permanenti, 0-1.5 per i carichi portati e accidentali).

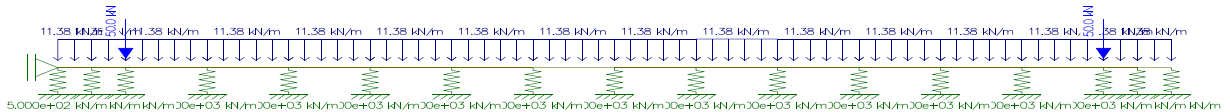
Lo schema di carico sarà pertanto il seguente:

$$(\sum \text{p.p.}) \times 1.3 + (\sum \text{s.p.}) \times 0.0 + (\sum \text{c.a.}) \times 1.5$$

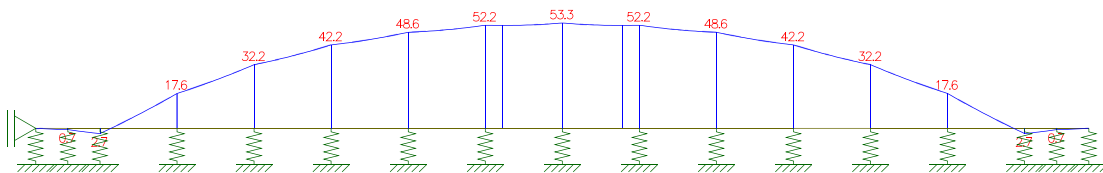


Di seguito vengono esplicitati i diagrammi delle sollecitazioni.

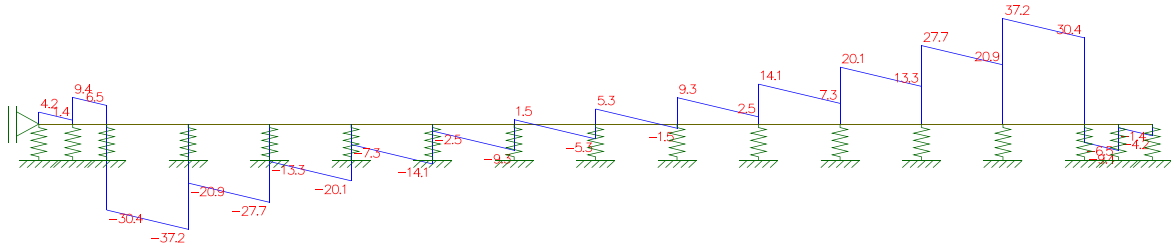
Schema di carico e vincoli



Sollecitazioni flettenti



Sollecitazioni taglianti



Verifica strutturale

La verifica viene svolta con il programma RC-SEC della GEOSTRU. N. licenza:

31495043456B4D5161757474445873766C72415155796A68453168597744454C57455068533334334B5

615A5842615547356E736B77413D

Si verifica una platea armata con doppia maglia ϕ 14/20.

Nome sezione: platea fondazione
Coprif. netto barre long.: 6.4 cm Coprif. netto staffe: 5.0 cm

Dati generali / **Dati sezione** / Sforzi / Risultati

Verifica sezione predefinita
Modalità di calcolo:
 Verifica - Calcoli duttilità Progetto armature

Forma sezione: Rettangolare
Classe conglom. C25/30
Tipo acciaio: B450C

Dimensioni Sezione (in cm.)
B: 100
H: 35

Dati Armature
C. ferro inf. (cm) 7.1 C. ferro sup. (cm) 7.1

Barre Inferiori
n° 5 Ø mm 14 + n° 0 Ø mm 0

Barre Superiori
n° 5 Ø mm 14 + n° 0 Ø mm 0

Staffe (Ponendo Diam=0: calcolo automatico staffe)
 1 Staffe chause Staffe aggruppate ad un solo braccio
 2 Staffe chause

Diametro (mm) 14 Passo (cm) 20.0

Legenda barre

Dati sezione sola conglom. ASSI/XY RIFERIMENTO SEZIO
Area = 3500 cm²
I^{basic} = 17500 cm⁴
S_X = 81250 cm³
S_Y = 1429167 cm⁴

ASSI k_p PRINCIPALI INERZIA:
Angolo = 0.0000(1)

Visualizza
 Assi riferimento sezione
 Quotatura sezione
 Numeri - vertici congl.
 Numerazione barre
 Griglia di riferimento
Passo griglia (cm) 10.0

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: platea fondazione

(Percorso File: \\rmfile1\OPC\0000_CARTELLE_PERSONALI_OP\ADINOLFIN tratta funzionale\SSE\platea fondazione.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

Sezione predefinita

Rettangolare

A Sforzo Norm. costante

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE - Relazione geotecnica

| | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C25/30 | |
| | Resistenza compress. di calcolo fcd: | 141.60 | daN/cm ² |
| | Resistenza compress. ridotta fcd': | 70.80 | daN/cm ² |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 | |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 | |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo | |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 314750 | daN/cm ² |
| Resis. media a trazione fctm: | 25.60 | daN/cm ² | |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C | |
| | Resist. caratt. a snervamento fyk: | 4500.0 | daN/cm ² |
| | Resist. caratt. a rottura ftk: | 4500.0 | daN/cm ² |
| | Resist. a snerv. di calcolo fyd: | 3913.0 | daN/cm ² |
| | Resist. ultima di calcolo ftd: | 3913.0 | daN/cm ² |
| | Deform. ultima di calcolo Epu: | 0.068 | |
| | Modulo Elastico Ef: | 2000000 | daN/cm ² |
| Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito | | |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

| | | |
|--------------------------------|-------|------------------------|
| Base: | 100.0 | cm |
| Altezza: | 35.0 | cm |
| Barre inferiori: | 5Ø14 | (7.7 cm ²) |
| Barre superiori: | 5Ø14 | (7.7 cm ²) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 7.1 | cm |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 7.1 | cm |

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | | | | |
|---------|---|------|------|----|
| N | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.) | | | |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione | | | |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione | | | |
| MT | Momento torcente [daN m] | | | |
| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
| 1 | 0 | 5300 | 3720 | 0 |

RISULTATI DEL CALCOLO

| | | |
|--|------|----|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 6.4 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 19.4 | cm |
| Copriferro netto minimo staffe: | 5.0 | cm |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

| | | | | | | | | | | | |
|----------|--|---|------|-------|--------|----------|------|------|------|--------|-----------|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata | | | | | | | | | | |
| N | Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione) | | | | | | | | | | |
| Mx | Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico | | | | | | | | | | |
| N ult | Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.) | | | | | | | | | | |
| Mx ult | Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico | | | | | | | | | | |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 | | | | | | | | | | |
| Yneutro | Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez. | | | | | | | | | | |
| Mx sn. | Momento flettente allo snervamento [daNm] | | | | | | | | | | |
| x/d | Rapp. di duttilità a rottura per sole travi (N = 0) | | | | | | | | | | |
| C.Rid. | Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC] | | | | | | | | | | |
| As Tesa | Area armature long. [cm ²] in zona tesa per sole travi (l'area minima ex (4.1.43)NTC è indicata tra parentesi) | | | | | | | | | | |
| N°Comb | Ver | N | Mx | N ult | Mx ult | Mis.Sic. | Yn | M sn | x/d | C.Rid. | As Tesa |
| 1 | S | 0 | 5300 | 10 | 9083 | 1.714 | 30.2 | 7664 | 0.17 | 0.70 | 7.7 (5.6) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

| | |
|--------|---|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
|--------|---|

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

| N°Comb | ec max | ec 3/7 | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|---------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | -0.00736 | 35.0 | -0.00164 | 27.9 | -0.01670 | 7.1 |

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 20.5 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Area staffe/m : 15.4 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
 Vsdu Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
 Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.19)NTC]
 Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.18)NTC]
 bw Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

| N°Comb | Ver | Vsdu | Vrd | Vcd | Vwd | bw | Teta | Acw | ASt |
|--------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 1 | S | 3720 | 12253 | 61304 | 37813 | 100.0 | 21.80 | 1.000 | 1.5 |

