

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI FOGGIA

Comune:
Ascoli Satriano - Deliceto
Località "San Martino - Lagnano"

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA E RELATIVE
OPERE DI CONNESSIONE - 8 AEROGENERATORI -**

Sezione 10:
CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE E IMPIANTI

Titolo elaborato:
RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DELLE STRUTTURE

N. Elaborato: **10.1**

Scala: -

Committente

WINDERG S.r.l.

Via Trento, 64
Vimercate (MB)
P.IVA 04702520968

Amministratore Delegato
Michele GIAMBELLI

Progettazione



sede legale e operativa
San Giorgio Del Sannio (BN) via de Gasperi 61
sede operativa
Lucera (FG) S.S.17 loc. Vaccarella snc c/o Villaggio Don Bosco
P.IVA 01465940623
Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873



Progettista
Dott. Ing. Nicola FORTE



| Rev. | Data | Elaborazione | Approvazione | Emissione | DESCRIZIONE |
|--------------------|---------------|-----------------------|------------------|----------------------|-------------------------------|
| 00 | FEBBRAIO 2020 | SC sigla | PM sigla | NF sigla | Emissione Progetto Definitivo |
| Nome File sorgente | | GE.ASS01.PD.10.1.docx | Nome file stampa | GE.ASS01.PD.10.1.pdf | Formato di stampa A4 |

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE | Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina | GE.ASS01.PD.10.1 20/02/2020 20/02/2020 00 1 di 11 |
|---|---|---|---|

INDICE

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA | 2 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 2 |
| 3 | DESCRIZIONE GEOMETRICA PLINTO DI FONDAZIONE | 3 |
| 4 | MATERIALI IMPIEGATI | 4 |
| 5 | GRANDEZZE GEOTECNICHE | 5 |
| 6 | ANALISI DEI CARICHI | 6 |
| 7 | AZIONI SULLA STRUTTURA | 6 |
| 8 | CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA | 6 |
| 9 | DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI | 7 |
| 10 | MODELLO AGLI ELEMENTI FINITI | 8 |
| 11 | CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO | 8 |
| 12 | CALCOLO DELLA FONDAZIONE | 10 |
| 12.1 | CARICO LIMITE FONDAZIONI | 11 |
| 13 | SINTESI DEI RISULTATI | 11 |

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE | Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina | GE.ASS01.PD.10.1 20/02/2020 20/02/2020 00 2 di 11 |
|---|---|---|---|

1 PREMESSA

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico costituito da otto aerogeneratori della potenza di 4,2 MW ciascuno da installare nel comune di Ascoli Satriano (FG) in località “San Martino - Lagnano” e con opere di connessione ricadenti anche nel Comune di Deliceto (FG). Proponente dell’iniziativa è la società WINDERG Srl.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro mediante un cavidotto in media tensione interrato (detto “cavidotto interno”) che collegherà l’impianto alla cabina di raccolta di progetto prevista in prossimità della Strada Provinciale SP88 nei pressi dell’area di impianto.

Dalla cabina di raccolta è prevista la posa di un cavidotto interrato (detto “cavidotto esterno”) per il collegamento dell’impianto alla sottostazione di trasformazione e consegna 30/150 kV di progetto.

Il “cavidotto esterno” segue per un primo tratto la SP 88, poi strade comunali fino alla SP 105 lungo la quale prosegue per un breve tratto; successivamente segue la SP120, quindi strade locali e strade a servizio di impianti eolici esistenti fino alla sottostazione.

La stazione di trasformazione di utenza in progetto è prevista in prossimità della stazione elettrica di trasformazione 150/380 kV esistente denominata “Deliceto” di proprietà Terna, e si collega alla rete di trasmissione nazionale, tramite uno stallo in alta tensione di partenza linea, un cavidotto interrato in alta tensione, ed uno stallo in alta tensione di arrivo linea previsto nel futuro ampliamento della sezione a 150 kV della stazione elettrica di rete.

Ove richiesto dal gestore di rete, per la connessione alla RTN, potrà essere necessario condividere le infrastrutture elettriche di utenza e di rete.

La presente relazione illustra le caratteristiche strutturali delle fondazioni per le torri che verranno installate nel comune di Ascoli Satriano (FG) in località “San Martino - Lagnano”. Il progetto prevede l’installazione di 8 aerogeneratori ognuno di potenza nominale pari a 4,20 MW, il modello dell’aerogeneratore previsto è una VESTAS V150 avente altezza al mozzo 125 m e diametro del rotore 150 m.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

NORMATIVA NAZIONALE

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | <p align="center">RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</p> | Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina | GE.ASS01.PD.10.1 20/02/2020 20/02/2020 00 3 di 11 |
|---|---|---|---|

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8)

“Aggiornamento delle *Norme tecniche per le Costruzioni*”.

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 nelle seguenti norme:

Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 11 febbraio 2019 n. 35 – Suppl. Ord.)

“*Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018*”.

NORMATIVA INTERNAZIONALE

UNI 9858 “Concrete. Performance, production, placing and compliance criteria.

UNI ENV 1992-1-1 del 31-01-1993 Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo.

3 DESCRIZIONE GEOMETRICA PLINTO DI FONDAZIONE

I plinti sono di forma geometrica divisibile in tre solidi di cui il primo è un cilindro (corpo 1) con un diametro di **22,00m** e un'altezza di **0,80m**, il secondo (corpo 2) è un tronco di cono con diametro di base pari a **22,00m**, diametro superiore di **6,00m** e un'altezza pari a **1,60m**; il terzo corpo (corpo 3) è un cilindro con un diametro di **6,00m** e un'altezza di **0,70m**; infine nella parte centrale del plinto, in corrispondenza della gabbia tirafondi, si individua un tronco di cono con diametro di base pari a **5,34m**, diametro superiore pari a **6,00m** e altezza pari a **0,33m**.

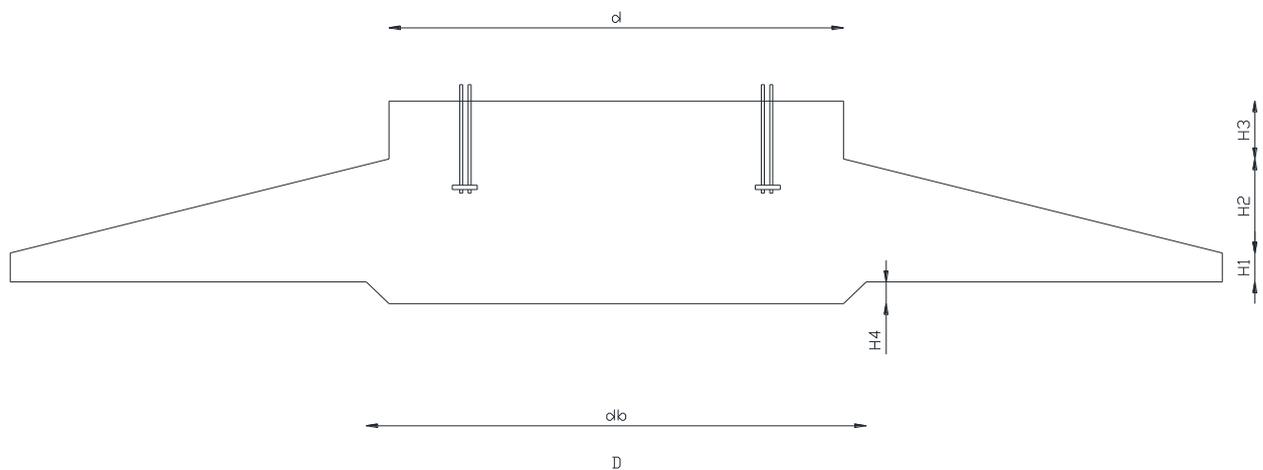


Figura 1 - geometria plinto

Si rimanda in ogni caso al progetto esecutivo per maggiori dettagli e per la definizione precisa della tipologia di fondazione per ogni torre.

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE | Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina | GE.ASS01.PD.10.1 20/02/2020 20/02/2020 00 4 di 11 |
|---|---|---|---|

4 MATERIALI IMPIEGATI

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente, particolare attenzione è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera.

Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE", ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

I diagrammi costitutivi degli elementi in calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.1 del D.M. 2018:

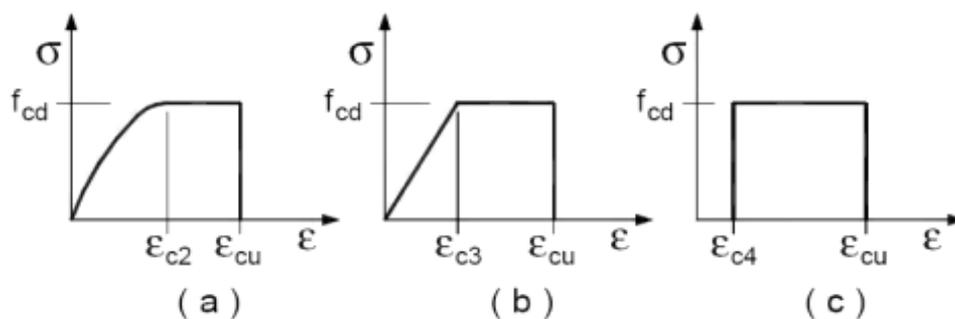


Figura 2 - Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo

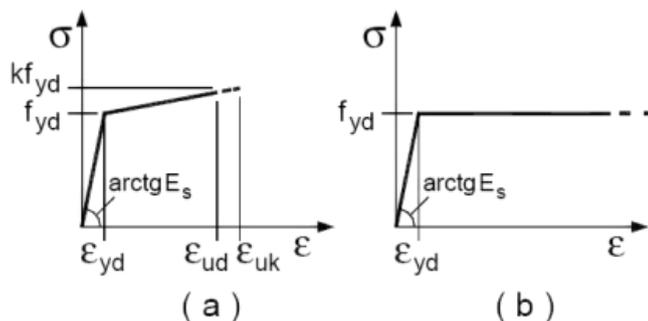
I valori di deformazione assunti sono:

$$\epsilon_{c2} = 0,0020;$$

$$\epsilon_{cu2} = 0,0035.$$

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.2 del D.M. 2018; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in figura sottostante.

La resistenza di calcolo è data da f_{yk}/γ_f . Il coefficiente di sicurezza γ_f si assume pari a 1,15.


Figura 3 - Diagrammi di calcolo tensione/deformazione acciaio

5 GRANDEZZE GEOTECNICHE

Come illustrato nella relazione geologica allegata (GE.ASS01.PD.0.2), la situazione litostratigrafica, geotecnica, sismica ed idrogeologica dell'area oggetto di studio, è stata ricostruita sulla base dei dati ottenuti dai sondaggi geognostici pregressi effettuati in aree adiacenti al sito in esame, dalle osservazioni dirette di campagna, opportunamente completate dai dati e delle notizie ricavati dalla cartografia ufficiale, dalla letteratura tecnico-scientifica e della banca dati del Servizio Geologico d'Italia.

La situazione litostratigrafica e geomeccanica presenta, nell'area delle di torri A5-A6-A7-A8, tre complessi principali di terreno:

- 1° Complesso più superficiale, con spessore medio di 0.60 metri, costituito da terreno vegetale, grigio nerastro, di natura limoso-argilloso-sabbiosa, dotato delle seguenti caratteristiche geotecniche:

| <i>Riferimento</i> | γ kN/m ³ | φ ° | C' kN/m ² | C_u kN/m ² |
|--------------------|-------------------------------|----------------|---------------------------|----------------------------|
| <i>Letteratura</i> | 18.00 | 23.26 | 10.00 | 31.00 |

- 2° *Complesso*, con spessore medio di 17.00 metri, costituito da ciottolame eterometrico in matrice sabbiosa, di colore avano giallastro, addensata, dotato delle seguenti caratteristiche geotecniche:

| <i>Riferimento</i> | γ kN/m ³ | φ ° | C' kN/m ² | <i>Med</i> MN/m ² |
|------------------------------|-------------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------------|
| <i>Prova SPT1 T6 12.20 m</i> | 20.00 | 45.9 | - | 24.51 |

- 3° *Complesso*, oltre la profondità media di 18.00 metri, costituito da sabbia medio e fine, subordinatamente limosa, di colore avano giallastro, molto addensata/consistente, dotato delle seguenti caratteristiche geotecniche:

| <i>Riferimento</i> | γ kN/m ³ | γ_d kN/m ³ | W % | φ ° | C' kN/m ² | C_u kN/m ² | <i>Med</i> MN/m ² |
|--|-------------------------------|---------------------------------|----------|----------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| <i>T6C1 29.50 m PE Ascoli1 Eurowind s.r.l.</i> | 18.60 | 14.30 | 29.50 | 23.22 | 17.26 | - | 10.15 |

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE | Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina | GE.ASS01.PD.10.1 20/02/2020 20/02/2020 00 6 di 11 |
| | | | |

nell'area delle torri A1-A2-A3-A4, due complessi principali di terreno:

- 1° *Complesso*, più superficiale, con spessore medio di 1.50 metri, costituito da terreno vegetale, grigio nerastro, di natura limoso-argilloso-sabbiosa, dotato delle seguenti caratteristiche geotecniche

| <i>Riferimento</i> | γ kN/m ³ | φ ° | C' kN/m ² | C_u kN/m ² |
|--------------------|-------------------------------|----------------|---------------------------|----------------------------|
| <i>Letteratura</i> | 18.00 | 23.26 | 10.00 | 31.00 |

- 2° *Complesso*, oltre la profondità media di 1.50 metri, costituito da ciottolame eterometrico in matrice sabbiosa, di colore avano giallastro, addensata, dotato delle seguenti caratteristiche geotecniche:

| <i>Riferimento</i> | γ kN/m ³ | φ ° | C' kN/m ² | <i>Med</i> MN/m ² |
|------------------------------|-------------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------------|
| <i>Prova SPT1 T38 9.30 m</i> | 20.00 | 41.8 | - | 20.59 |

6 ANALISI DEI CARICHI

La valutazione dei carichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018. In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali.

La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni definitive.

7 AZIONI SULLA STRUTTURA

Le azioni sulla struttura in esame sono valute in accordo al capitolo 3 del D.M. 2018. In particolare sono presenti:

- Carichi permanenti strutturali e non strutturali;
- Azione sismica;
- Carichi caratteristici da neve;
- Carichi caratteristici da vento estremo;
- Carichi estremi;
- Carichi estremi durante il normale funzionamento;

Le azioni così ottenute sono opportunamente combinate tra loro in base alle combinazioni di carico indicate dalla norma di riferimento e riportate in dettaglio al §9 della presente. Da queste si ottengono i valori di progetto delle sollecitazioni da impiegare successivamente nelle verifiche. I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018.

8 CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA

Da un punto vista sismico, l'area di Ascoli Satriano è classificata come zona sismica 1 - zona con pericolosità sismica alta. Si fa tuttavia presente che le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, approvate con D.M.

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE | Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina | GE.ASS01.PD.10.1 20/02/2020 20/02/2020 00 7 di 11 |
|---|---|---|---|

17.01.2018, abbandonano il concetto di zonizzazione sismica: la pericolosità sismica di base del sito di costruzione viene dati dell'INGV.

Dunque, la determinazione del valore di accelerazione massima al sito, necessaria per calcolare l'azione sismica di progetto, sarà alla base delle calcolazioni dinamiche delle opere di fondazione degli aerogeneratori e della sottostazione di trasformazione.

9 DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Le azioni sulla costruzione sono state sono stati combinate secondo le regole previste dalla normativa vigente.

Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G_{1k} + G_{2k} + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G_{1k} + G_{2k} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G_{1k} + G_{2k} + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G_{1k} + G_{2k} + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Le verifiche sono state sviluppate con l'**Approccio 2** come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella Tab. 6.2.I del D.M. 2018.

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella Tab. 6.2.II del D.M. 2018.

I valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della Tab. 6.4.I del D.M. 2018 per le fondazioni superficiali.

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE | Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina | GE.ASS01.PD.10.1 20/02/2020 20/02/2020 00 8 di 11 |
|---|---|---|---|

10 MODELLO AGLI ELEMENTI FINITI

Per il progetto e la verifica dei plinti si è utilizzato un programma di calcolo agli elementi finiti. Il plinto di fondazione è stato modellato utilizzando elementi shell.

Il modello è caratterizzato dai seguenti parametri:

| | |
|-----------------------------------|--|
| Sistema di riferimento | Cilindrico |
| Coordinate sistema di riferimento | Centro geometrico del plinto |
| Materiale utilizzato | Conc (calcestruzzo) |
| Carichi applicati | puntuale (Forze e Momenti) superficiale (Peso terreno di ricoprimento) di volume (Peso proprio plinto) |

11 CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Oggetto del presente paragrafo è sia la verifica dell'affidabilità del codice di calcolo utilizzato che l'attendibilità dei risultati ottenuti ai sensi del Cap 10 par 10.2 D.M. 17/01/2018.

Tipo di Analisi svolta ed Origine e Caratteristiche del Codice di calcolo

Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette).

L'utente non può modificare il codice ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il sistema di riferimento globale, rispetto al quale va riferita l'intera struttura, è costituito da una terna di assi cartesiani levogira OXYZ (X, Y e Z sono disposti e orientati rispettivamente secondo il pollice, l'indice ed il medio della mano destra, una volta posizionati questi ultimi a 90° tra loro).

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE | Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina | GE.ASS01.PD.10.1 20/02/2020 20/02/2020 00 9 di 11 |
|---|---|---|---|

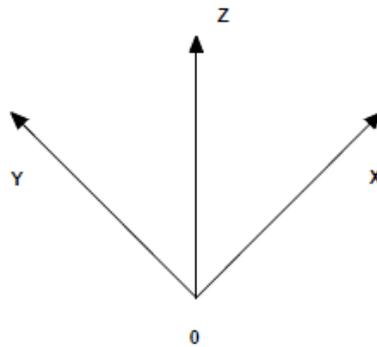


Figura 4 - sistema di riferimento

Un elemento Shell è caratterizzato da un sistema di riferimento locale 1-2-3 da cui derivano le sollecitazioni così come individuato nelle figure seguenti:

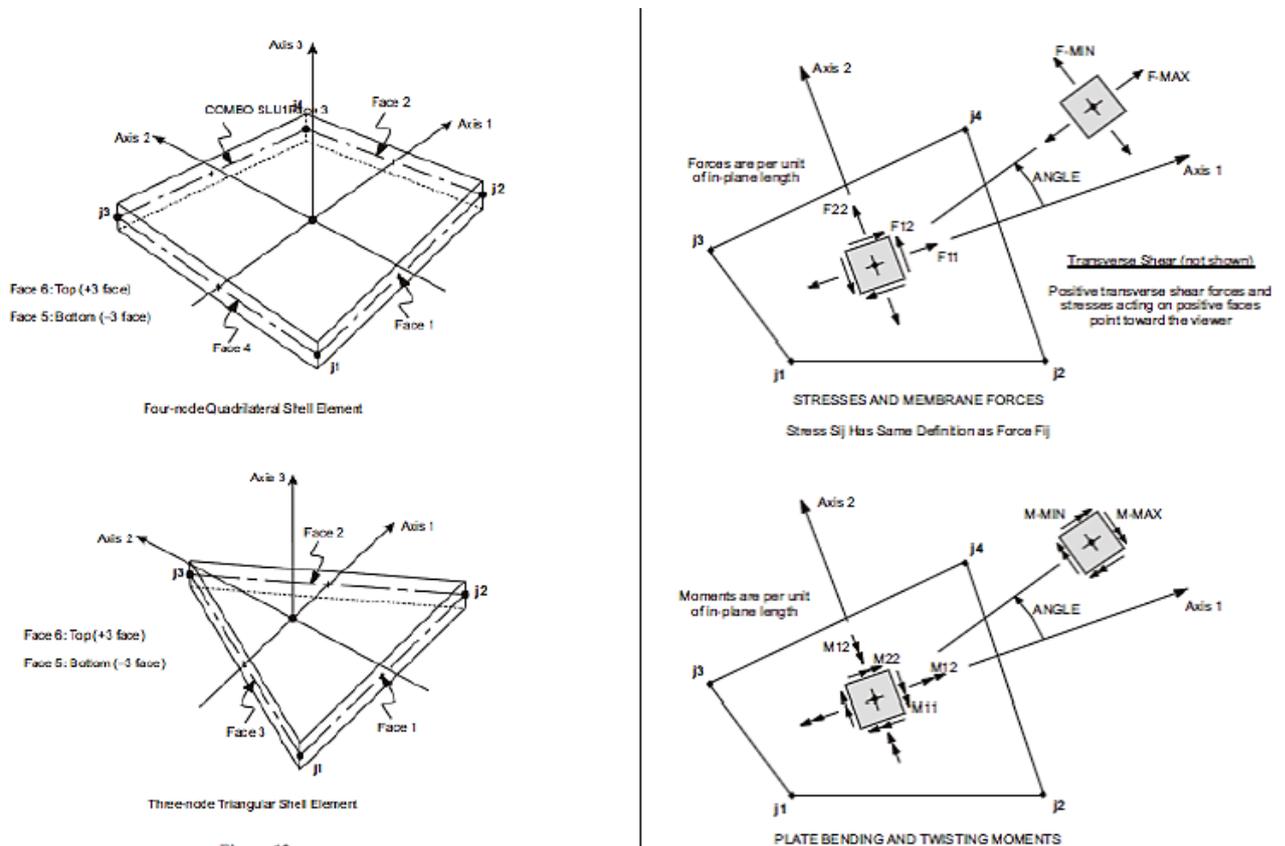


Figura 5 - Sistema di riferimento elemento shell e sollecitazioni elemento shell

Affidabilità dei Codici utilizzati e Validazione dei codici

L'affidabilità del codice utilizzato è stato validato dall'analisi della documentazione fornita dal produttore che, oltre a contenere una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, include l'individuazione dei campi d'impiego nonché casi prova interamente risolti e commentati.

| | | | |
|---|---|--------------------|------------------|
|  | RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE | Codice | GE.ASS01.PD.10.1 |
| | | Data creazione | 20/02/2020 |
| | | Data ultima modif. | 20/02/2020 |
| | | Revisione | 00 |
| | | Pagina | 10 di 11 |

Modalità di presentazione dei risultati

La quantità di informazioni che usualmente accompagna l'utilizzo di procedure di calcolo automatico richiede un'attenzione particolare alle modalità di presentazione dei risultati, in modo che questi riassumano, in una sintesi completa ed efficace, il comportamento della struttura per la tipologia di analisi sviluppata già menzionata in precedenza.

In corrispondenza della combinazione di carico più gravosa (vedi paragrafo successivo) sono state sintetizzate in disegni e schemi grafici le rappresentazioni grafiche delle principali caratteristiche di sollecitazione o delle componenti degli sforzi, la rappresentazione dei carichi applicati e le corrispondenti reazioni vincolari.

Il software licenziato è il SAP2000 **versione 20 con numero di licenza 17134 intestata a Ten Project srl.**

12 CALCOLO DELLA FONDAZIONE

Le verifiche geotecniche delle fondazioni, sono state sviluppate con l'**Approccio 2** come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

Tabella 1 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni - Tabella 6.2.I del D.M. 2018

| CARICHI | EFFETTO | Coefficiente parziale γ_F (o γ_E) | A1 (STR) | A2 (GEO) |
|--------------------------|-------------|---|-------------|-------------|
| Carichi permanenti G_1 | Favorevole | γ_{G1} | 1,00 | 1,00 |
| | Sfavorevole | | 1,30 | 1,00 |
| Carichi permanenti G_2 | Favorevole | γ_{G2} | 0,80 | 0,80 |
| | Sfavorevole | | 1,50 | 1,30 |
| Azioni variabili Q | Favorevole | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 |
| | Sfavorevole | | 1,50 | 1,30 |

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

Tabella 2 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno - Tabella 6.2.II del D.M. 2018

| PARAMETRO GEOTECNICO | Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale | Coefficiente parziale γ_M | M1 | M2 |
|---|---|-------------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza a taglio | $\tan \phi_k$ | $\gamma_{\phi'}$ | 1,00 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1,00 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,00 | 1,40 |
| Peso dell'unità di volume | γ_r | γ_r | 1,00 | 1,00 |

I valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.I del D.M. 2018 per le fondazioni superficiali.

Tabella 3 - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali - Tabella 6.4.I del D.M. 2018

| Verifica | Coefficiente Parziale (R3) |
|---------------|-------------------------------|
| Carico limite | $\gamma_R = 2,3$ |
| Scorrimento | $\gamma_R = 1,1$ |

Per le varie tipologie di fondazioni sono di seguito elencate le metodologie ed i modelli usati per il calcolo del carico limite ed i risultati di tale calcolo.

| | | | |
|---|---|---|--|
|  | RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE | Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina | GE.ASS01.PD.10.1 20/02/2020 20/02/2020 00 11 di 11 |
|---|---|---|--|

12.1 Carico limite fondazioni

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \Psi_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \Psi_q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma$$

in cui:

c = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q = \gamma \cdot D$ = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

γ = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

D = profondità del piano di posa della fondazione;

B' = larghezza ridotta della suola di fondazione;

L = lunghezza della fondazione;

γ_f = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

N_c, N_q, N_γ = fattori di capacità portante;

s, d, i, g, b, Ψ, r = coefficienti correttivi.

Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica, B e L saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot e_B \quad e_B = \text{eccentricità parallela al lato di dimensione } B;$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L \quad e_L = \text{eccentricità parallela al lato di dimensione } L;$$

con $B' \leq L'$.

13 SINTESI DEI RISULTATI

Il plinto scelto in via preliminare per la fondazione è un elemento fondale diretto in calcestruzzo gettato in opera di forma circolare composto da un plinto di base e un colletto superiore.

Il plinto di base ha diametro di 22,00 m, con altezza minima (all'esterno) di 0,88 m e altezza massima (al centro) di 2,73 m. Il colletto superiore cilindrico avrà diametro di 6,00 m ed altezza 0,70 m.

Si rimanda in ogni caso al progetto esecutivo per maggiori dettagli e per la definizione precisa della tipologia e della forma della fondazione per ogni torre.