REGIONE CAMPANIA

Ambito Distrettuale Sarnese Vesuviano

Legge 02/12/2015

GORI

GESTIONE OTTIMALE RISORSE IDRICHE

OPERA FINANZIATA A VALERE SULLE RISORSE DEL FSC
DI CUI ALLA DELIBERAZIONE CIPE 79/2012

OBIETTIVO DI SERVIZIO
"TUTELARE E MIGLIORARE LA QUALITA'
DELL' AMBIENTE, IN RELAZIONE AL SERVIZIO
IDRICO INTEGRATO"
Deliberazione Giunta Regionale della Campania n°94 del 09/03/2015

COMUNE DI BRUSCIANO

INTERVENTI PER IL COMPLETAMENTO ED IL COLLETTAMENTO DELLA RETE FOGNARIA

ags
AceaGori Servizi
Gruppo Acea

INGEGNERIA
Il Responsabile
ing. Domenico Cesare

COLLABORATORI
arch. Carmela Consoli
geom. Raimondo Nugnes
geom. Vincenzo Gaito

DIRETTORE TECNICO
ing. Antonio De Cicco

DATA
Novembre 2016

INT 7301

Elaborato:
TD.04

Scala:
-/-

Titolo:

RELAZIONE CALCOLI STATICI: VERIFICA STATICA DELLE TUBAZIONI

Revisione	Data	Redatto	Verificato	Approvato

IL PROGETTISTA

IL R.U.P.

FASCICOLO PROGETTO STRUTTURALE (EX D.M. 14.01.2008)

INDICE

1 INQUADRAMENTO GENERALE 3
2 PREMESSA 4
3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 4
4 REFERENZE TECNICHE (CAP. 12 D.M. 14.01.2008) 5
5 INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED UBICAZIONE DEGLI INTERVENTI 5
5.1 ANALISI DEI CARICHI MANUFATTI INTERRATI 6
5.2 COMBINAZIONI DI CARICO (AI SENSI DEL DM 14.01.2008) 8
6 RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO DI COSTRUZIONE 9
6.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI 9
6.2 VALUTAZIONE AZIONE SISMICA 11
7 RELAZIONE SUI MATERIALI DA IMPIEGARE 14
7.1 CALCESTRUZZO ARMATO 14
7.2 ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE 14
8 RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI 15
8.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 15
8.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 15
8.3 INDAGINI GEOTECNICHE 15
8.4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE 15
8.5 METODOLOGIE DI SCAVO DELLE FONDAZIONI, STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO E PRESCRIZIONI 15
8.6 STABILITÀ GLOBALE DELL'INTERVENTI 16
9 RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE MANUFATTI E METODI (D.M.14.01.2008) 17
9.1 PRESTAZIONI ATTESE – CLASSE DELLA COSTRUZIONE - VITA ESERCIZIO - MODELLI DI CALCOLO – TOLLERANZE – DURABILITÀ - PROCEDURE QUALITA' E MANUTENZIONE 17
9.2 COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE 17
9.3 AZIONI AMBIENTALI E NATURALI 18
9.4 DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI VARIABILI DOVUTO ALLE AZIONI ANTROPICHE 18
9.5 MODELLI DI CALCOLO 19
9.6 TOLLERANZE 20
9.7 DURABILITÀ 20
9.8 METODI DI CALCOLO UTILIZZATI 20
9.8.1 Calcolo spostamenti e caratteristiche 20
9.8.2 Analisi sismica statica 21
9.8.3 Verifiche 21
9.8.4 Misura della sicurezza 21
9.8.5 Criteri adottati per la schematizzazione della struttura 21
9.8.6 Combinazioni di calcolo 23
9.8.7 Azioni sulla costruzione 24
Azione sismica 24
Azioni antropiche e pesi propri 24
9.8.8 Sistemi di riferimento 24
9.8.9 Unità di misura 25
9.8.10 Convenzioni sui segni 25
10 SOFTWARE UTILIZZATI E TIPO DI ELABORATORE 26
10.1 SOFTWARE UTILIZZATO 26
10.2 ELABORATORE UTILIZZATO 26
10.3 CODICE DI CALCOLO, SOLUTORE E AFFIDABILITA' DEI RISULTATI 26
10.4 VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITÀ 26
10.5 PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO 27
11 CONCLUSIONI 27

12 FASCICOLO DEI CALCOLI E RELAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI..... 28

1 INQUADRAMENTO GENERALE

Con la presente relazione si provvede alla verifica statica delle tubazione impiegata per il progetto "Interventi per il completamento ed il collettamento della rete fognaria – Comune di Brusciano".
Nello specifico, in Via Tirone è stato previsto sulla stessa traccia dello speco scatolare esistente 1,10 x 0,55 m, di sezione idraulica insufficiente, la posa di un collettore in cls del DN 1400 da realizzare immediatamente a valle dello scaricatore di piena oggetto di adeguamento e fino all'isola ecologica dove esiste un impianto di sollevamento con idrovora preceduto da una stazione di grigliatura in gestione da parte dell'amministrazione comunale. L'intervento si estende per circa ml 560 e poiché la posa risulta molto superficiale se ne prevede l'inghisaggio della tubazione in un getto di misto cementato laddove la tubazione ha un ricoprimento minore di 1m.

Via Tirone

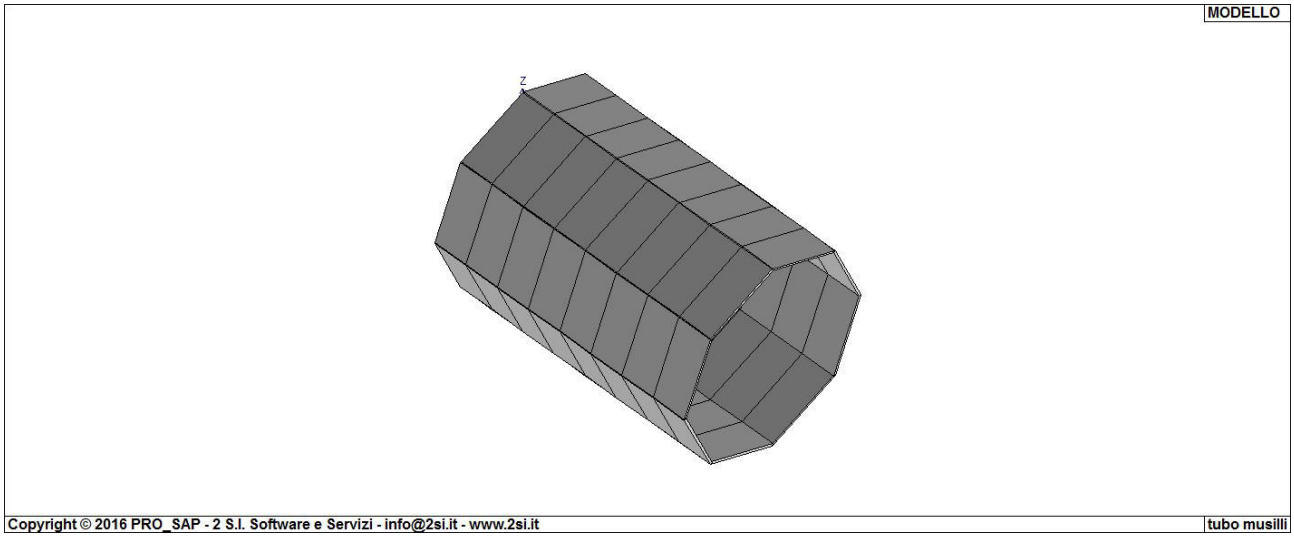
2 PREMESSA

Scopo della presente relazione è quello di illustrare i criteri di dimensionamento e verifica della tubazione di diametro DN 1400 mm, disposta lungo Via Tirone in sostituzione dello scatolare 1,10 x 0,55.
Nello specifico per la definizine del modello si è considerata una tubazione di 2m di classe 200, e giunto a bicchiere con anello di tenuta in gomma, conformemente alla norma UNI EN 681, incorporato nel getto e saldamente ancorato al tubo.
Ogni elemento sarà realizzato presso lo stabilimento attraverso un procedimento automatizzato. Lo spessore della tubazione è pari a 155 mm. Per maggiori dettagli circa la geometra dell' elemento si rimanda agli elaborati grafici.

La tubazione di progetto dovrà essere in grado di :

- Sopportare con idoneo grado di sicurezza i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante;
- Sopportare con idoneo grado di sicurezza i carichi massimi rappresentati da carichi da porte di 1^a categoria,
- Allo smaltimento delle acque e alla spinta dell'acqua interna;
- A sopportare la spinta laterale dovuta al terreno e ai relativi sovraccarichi ;
- A sopportare le azioni orizzontali e verticali per zone sismiche S=9.

Di seguito si riporta un immagine del modello su indicato.



3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la progettazione e la costruzione delle opere in oggetto si fa riferimento alla seguente normativa:

- Legge 5/11/71 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- D.M. 9 Gennaio 96: Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- Circolare 15/10/1996 N.252: Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al D.M. 9/01/1996;
- D.M. 16 Gennaio 96: Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";
- Circolare 4/7/1996 N.156: Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» di cui al D.M. 16/01/1996;
- D.M. 11/03/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Circolare 24/09/1988 N. 30483: Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione» di cui al D.M. 11/03/1988;

- D.M. LL.PP. 4/5/90: Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali;
- Circolare Min. LL.PP. 25/2/91 n. 34233: Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali;
- Legge 02.02.1974 n. 64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- Circolare Min. LL.PP. 10/04/97 n° 65 AA.GG.: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996;
- Decreto Ministeriale Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare del 02.02.2009 n.617/C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M.14.01.2008";
- Circolare 5 agosto 2009 "Nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministero delle infrastrutture 14.01.2008 – cessazione del regime transitorio di cui all'art.20 c.1. del decreto legge 31.12.2007 n.248.

4 REFERENZE TECNICHE (CAP. 12 D.M. 14.01.2008)

- UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1995-1 – Costruzioni in legno
- UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni
- UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno

5 INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED UBICAZIONE DEGLI INTERVENTI

L'intervento di progetto è ubicato nel Comune di Brusciano (NA) ricadente in zona sismica 2 (ex zona sismica II di categoria S=9), ai sensi della Deliberazione della Giunta Regionale della Campania del 7/11/2002 N°5447 "Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Regione Campania" e dell'OPCM n. 3274 del 20.03.2003.

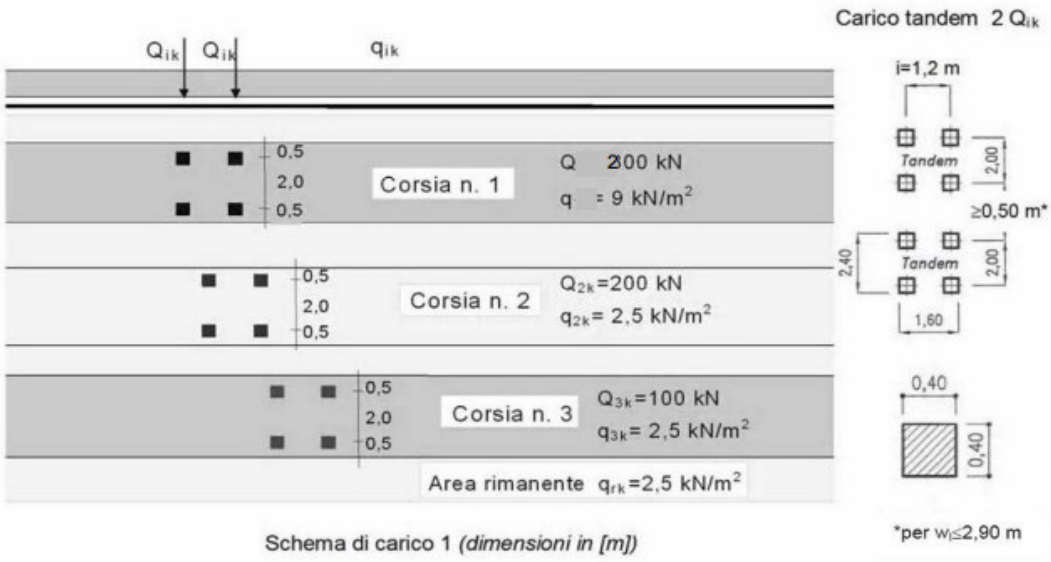
5.1 ANALISI DEI CARICHI MANUFATTI INTERRATI

Di seguito si riporta l'analisi dei carichi in generale per detta tipologia di opere rimandando nel dettaglio ai tabulati di calcolo sezione dati di input.

Condizione di carico n.1 - Peso proprio elementi stutturali
Struttura in c.a.: calcolato in automatico dal software PROSAP

Condizione di carico n.2 – Carico Permanente pavimentazione stradale
Pacchetto pavimentazione: 3 kN/m²

Condizione di carico n.3 – Carico Variabile traffico veicolare
Il sovraccarico mobile dà luogo ad una spinta orizzontale sulle pareti considerata per semplicità costante e dipendente dallo spessore del terreno.
Si considera lo schema di carico 1 (§5.1.3.3.3 NTC2008) costituito da (ponti di seconda categoria):



Schema di carico 1 *(dimensioni in [m])*

Condizione di carico n.4 – Pressioni indotte dal terreno

Noti i parametri meccanici del terreno è possibile valutare i coefficienti di spinta che governano il comportamento del terreno nei confronti dell'opera strutturale che con esso andrà ad interagire.
Le spinte del terreno sono state, quindi, determinate in funzione della stratigrafia e dei sovraccarichi presenti applicate nel modello di calcolo nelle diverse condizioni di carico.
Nel seguito, saranno valutati i coefficienti statici di spinta desumibili dalla teoria di Coulomb.

1. <u>Determinazione dei coefficienti di spinta</u>

Coefficiente di spinta a riposo:

$k_0 = 1\text{-sen}(\varphi)$;

$k_0 = 1\text{-sen}(26°)$;

$k_0 = 0.56$

Coefficiente di spinta attiva:

$k_a = \tan^2(\pi/4 - \varphi/2)$;

$k_a = 0.39$

Coefficiente di spinta passiva:

$K_p = \tan^2(\pi/4 + \varphi/2)$;

$k_p = 2.56$

Pertanto i parametri geotecnici di progetto risultano applicando alle grandezze caratteristiche del terreno, i seguenti:

PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	**(M1)**
Peso specifico γ	1600 kg/mc
Angolo di resistenza al taglio φ	26°
Angolo d'attrito parete-terreno δ	8°
Coefficiente di spinta attiva ko	0,53

Vista la tipologia di struttura, rigida e priva di spostamenti (par. 7.11.6.2.1 D.M. 14.01.08),risulta più cautelativo adottare il coefficiente si spinta a riposo che massimizza, nelle varie combinazioni di carico, il momento alla sezione di spiccato delle pareti verticali.

Si applicano, di conseguenza, i valori delle spinte secondo la profondità con ph = k γt z,con il consueto diagramma trapezoidale delle pressioni orizzontali.

Condizione di carico n.5 – Spinta del liquido interno

Si è valutata l'incidenza della spinta del liquido sulle pareti interne della tubazione , considerando il livello massimo del liquido non in pressione oltre all'incidenza del peso del liquido sul fondo.

h_w = Diametro della tubazione

Peso specifico del liquido interno (con particelle in sospensione) γ_w = 1200 Kg/mc

Condizione di carico n.6 – Spinta del sovraccarico dovuto al traffico veicolare

Il sovraccarico mobile dà luogo ad una spinta orizzontale sulle pareti considerata per semplicità costante e dipendente dallo spessore del terreno.
Si assume un carico dovuto al traffico veicolare uniformemente distribuito pari a qk 3.000 kg/m^2 da cui ne risulta una spinta uniforme sulle pareti della struttura pari a .
$P_2 = qk * K_0 =$ 15,90 KN/mq

La spinta attiva dovuta al sovraccarico accidentale a tergo delle pareti della vasca risulta pari a:

SLL = qLL*H

Condizione di carico n.7 – Sisma lungo x

Valutata con il metodo dell'analisi sismica statica ai sensi del § 7 D.M. 14.01.2008.
La struttura è stata calcolata con un'analisi di tipo **statica nodale**, una procedura in cui le masse sono concentrate su tutti i nodi della struttura e le relative forze orizzontali risultano così applicate alla struttura in modo più diffuso, nodo per nodo. Ciò comporta il vantaggio di potere effettuare un'analisi sismica corretta anche in assenza di impalcati rigidi (tralicci, strutture senza solai rigidi o controventi di piano), e con la migliore approssimazione dovuta alla distribuzione delle azioni più aderente alla realtà. Anche in questo caso, come per l'analisi statica per piani, le forze sono ottenute ipotizzando una distribuzione di tipo triangolare, ottenuta tramite dei coefficienti moltiplicativi che crescono con l'altezza del nodo.

Condizione di carico n.8 – Sisma lungo y
Valutata con il metodo dell'analisi sismica statica ai sensi del § 7 D.M. 14.01.2008.

5.2 COMBINAZIONI DI CARICO (AI SENSI DEL DM 14.01.2008)

Le combinazioni di carico sono riportate nei tabulati allegati al fascicolo dei calcoli.
Sono state considerate le condizioni di carico ritenute più gravose per la struttura in esame nel suo complesso e per ognuna delle strutture resistenti.

6 RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO DI COSTRUZIONE

6.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI

Caratteristica peculiare della risposta sismica di un sito sono, oltre alle caratteristiche geolitologiche, anche i contenuti delle vibrazioni spettrali in arrivo, e la loro interazione positiva con la frequenza propria dei manufatti. Infatti, in presenza di siti costituiti da terreni capaci di attenuare il passaggio delle onde sismiche, ed in presenza di epicentri poco profondi si possono avere fenomeni di amplificazione.
Le "Norme Tecniche per le Costruzioni" - D.M. del 14/01/2008, pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 con Supplemento Ordinario n. 30, definiscono le regole da seguire per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni, sia in zona sismica che in zona non sismica. Esse forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Quest'ultima costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.
La pericolosità sismica di un sito deve essere valutata sia in termini geografici (condizioni topografiche del sito) che in termini temporali (vita di riferimento della costruzione); tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima ag e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale.
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tenere conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.
Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni ag e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, sul sito di riferimento rigido ed orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno (espresso in g/10);
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (parametro adimensionale);
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in secondi).

I Valori a_g, F_0, e T_c^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'allegato B delle NTC.
Le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni stabiliscono che ai fini della valutazione delle azioni sismiche di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. In assenza di tali studi si può utilizzare la seguente classificazione dei terreni di seguito descritta:
La classificazione deve interessare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato roccioso rigido di riferimento (bedrock). Si effettua sulla stima delle velocità medie delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità (velocità equivalente delle onde di taglio) definita dalla seguente espressione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{1=1,N} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove h_i e v_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato iesimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori. In alternativa possono essere utilizzati il valore di $N_{SPT,30}$ (per terreni prevalentemente granulari) o di $c_{u,30}$ (per terreni coesivi). Con riferimento alle proprietà del suolo di fondazione, viene proposta l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque tipologie di suoli (A - B - C - D - E) più altri due speciali (S1 e S2), da individuare in base allo schema seguente:

CLASSE	DESCRIZIONE
A	***Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*** caratterizzati da valori di $\mathbf{V_{s,30}}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $\mathbf{V_{s,30}}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s ($\mathbf{N_{SPT,30}} > 50$ nei terreni a grana grossa e $\mathbf{c_{u,30}} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $\mathbf{V_{s,30}}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero con valori di $15 < \mathbf{N_{SPT,30}} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < \mathbf{c_{u,30}} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	***Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti***, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale migliora-mento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $\mathbf{V_{s,30}}$ inferiori a 180 m/s ($\mathbf{N_{SPT,30}} < 15$ nei terreni a grana grossa e $\mathbf{c_{u,30}} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	***Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m***, posti sul substrato di riferimento (con $\mathbf{Vs} > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $\mathbf{V_{s,30}}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < \mathbf{c_{u,30}} < 20$ kPa),che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria disottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

I risultati forniti dall'indagine sismica sui terreni di fondazione (vedi relazione geologica) hanno permesso di definire la categoria di suolo del sito, che risulta posto in **Categoria di suolo di fondazione C =** *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine* con spessori superiori a 30*m*, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180*m/s* e 360*m/s* (ovvero $15 < N_{SPT.30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$*kPa* nei terreni a grana fina).
Categoria topografica T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$.

6.2 VALUTAZIONE AZIONE SISMICA

Il territorio comunale di Brusciano, a seguito della riclassificazione sismica del territorio nazionale, ricade in zona sismica 2 (ex zona sismica di II categoria S=9), ai sensi dell'OPCM n. 3274 del 20.03.2003.

Ai sensi del § 3.2. "azione sismica" del D.M. 14.01.2008 per determinare i parametri di pericolosità sismica e gli spettri di accelerazione, d'interesse ingegneristico, è stato necessario definire i seguenti parametri:

Presidenza del Consiglio dei Ministri

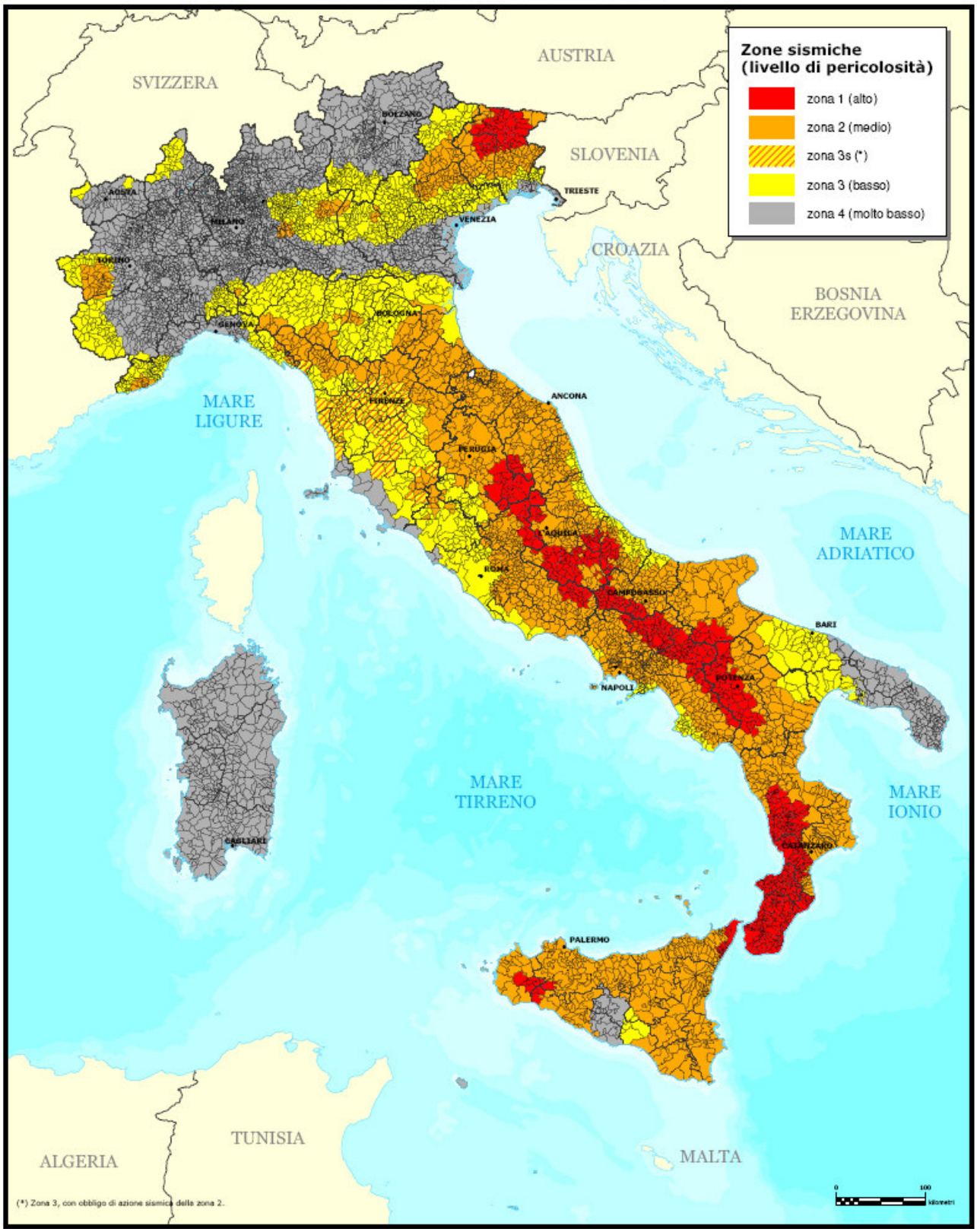
Dipartimento della protezione civile

Ufficio prevenzione, valutazione e mitigazione del rischio sismico e attività ed opere post-emergenza

Classificazione sismica al 2006

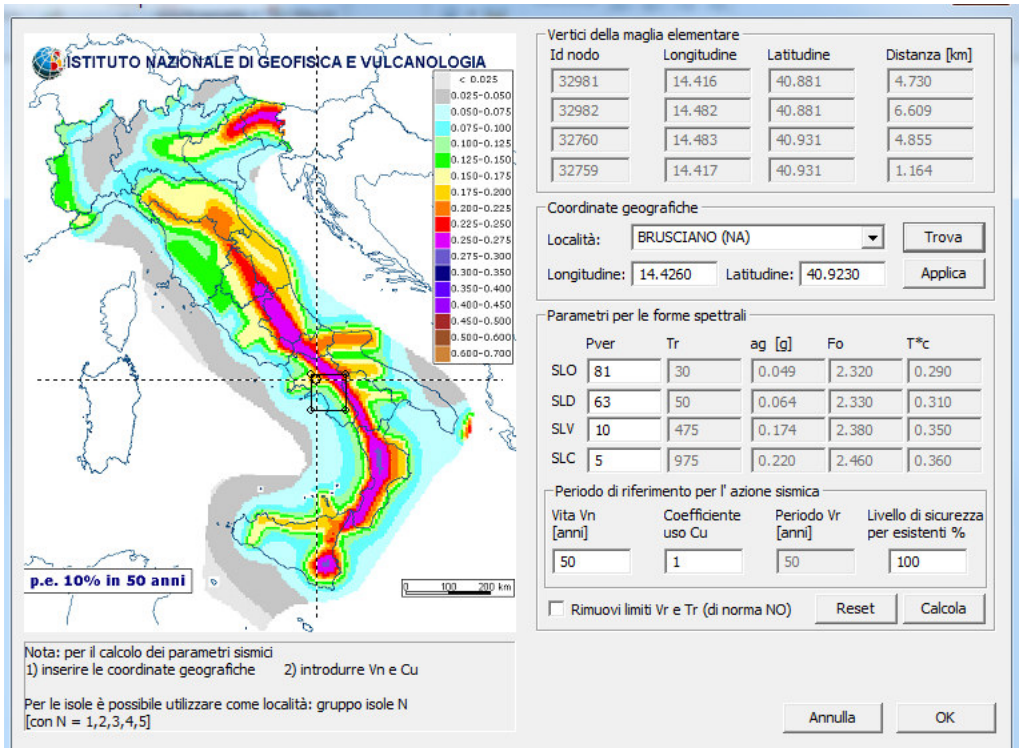
Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.

Atti di recepimento al 31 dicembre 2007. Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 438. Basilicata: DCR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447. Emilia Romagna: DGR 21/7/03, n. 1435. Friuli Venezia Giulia: DGR 1/8/03, n. 2325. Lazio: DGR 1/8/03, n. 766. Liguria: DGR 16/5/03, n. 530. Lombardia: DGR 7/11/03, n. 14964. Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: LR 20/5/04, n. 13. Piemonte: DGR 17/11/03, n. 61/11017. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31. Sicilia: DGR 19/12/03, n. 408. Toscana: DGR 16/6/03, n. 604. Trentino Alto Adige: Bolzano, DGP 6/11/06, n. 4047; Trento, DGP 23/10/03, n. 2813. Umbria: DGR 18/6/03, n. 852. Veneto: DCR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 30/12/03, n. 5130.



I risultati forniti dall'indagine sismica sui terreni di fondazione hanno permesso di definire la categoria di suolo del sito, che risulta posto in categoria C (vedi relazione geologica).
Ai sensi del § 3.2. "azione sismica" del D.M. 14.01.2008 per determinare i parametri di pericolosità sismica e gli spettri di accelerazione, d'interesse ingegneristico, è stato necessario definire i seguenti parametri:

- Classe d'uso dell'opera: II
- Vita nominale dell'opera: ≥ 50 anni
- Categoria di sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1
- Longitudine: 14,3530
- Latitudine: 40,9150



7 RELAZIONE SUI MATERIALI DA IMPIEGARE

Nel corso dei lavori (ai sensi dell'art. 4 lettera b della legge n. 1086 del 5/11/71 e D.M.14.01.2008) saranno impiegati i materiali seguenti e saranno adottate le tecniche costruttive appresso specificate.

7.1 CALCESTRUZZO ARMATO

Per le armature di tutti gli elementi strutturali si adotterà acciaio in barre ad aderenza migliorata del tipo **B450C**.
Per i ferri delle armature si avrà cura di predisporre un idoneo copriferro secondo le indicazioni di seguito riportate:

Condizioni ambientali *(di cui al § 4.1.2.2.4.3 del D.M.14/01/2008)*

Condizioni ambientali: Ordinarie
Classe di esposizione: XD2 *(tab.4.1.III e UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006)*

Calcestruzzo:
In conformità alla norma UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006 gli elementi strutturali sia gettati in opera che prefabbricati saranno realizzati con un conglomerato cementizio del tipo:

- **Classe di resistenza C32/40 - Classe di esposizione XD2 - (Rck 40 MPa)**

Copriferro:

Copriferro minimo platee di fondazione, setti e piastre: 40 mm (ambiente aggressivo VN=50 anni -tab.c.4.1.IV - circolare)
Copriferro adottato: 30 mm

La modalità di posa del calcestruzzo dovrà avvenire secondo quanto indicato dalle *Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive - Edizione febbraio 2008 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Servizio Tecnico Centrale*.

Inoltre secondo quanto prescritto da D.M. 09/01/1996 e dal § 11.2 "Calcestruzzo" del D.M. 14.01.2008, i materiali e prodotti da utilizzarsi sono:
Il calcestruzzo, così come definito al punto 2.1 del D.M. 09.01.96 e § 11.2 "Calcestruzzo" del D.M. 14.01.2008;
l'acciaio da cemento armato normale, così come definito al punto 2.2 del D.M. 09.01.96 e § 11.3 "Acciaio" del D.M. 14.01.2008.
I requisiti dei materiali sono quelli specificati all'allegato n°1 D.M. 09/01/1996 e al § 11.2.9.1 del D.M. 14.01.2008:

7.2 ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE

- Laminati a caldo a sezione aperta - acciaio S355 (tab. 11.3.IX)
- Laminati a caldo a sezione cava - acciaio S355H (tab. 11.3.X)
- Bulloni alta resistenza classe 10.9 (tab. 11.3.XIIb)
- Vite alta resistenza classe 10.9 (tab. 11.3.XIIa)
- Saldature realizzate (seconda tab.11.3.XI)
- Trattamento superficiale zincatura a caldo (per lo spessore minimo e medio si rimanda alle norme UNI-EN-1461)
- Profili e sagomati a freddo per scale di accesso e ballatoi e paratoie/panconi/griglie/soglie e stramazzi di regolazione - acciaio INOX AISI 304
- Armatura in tubolare DN 159 s= 8mm / 114.3 s=8 mm - Laminati a caldo a sezione cava - acciaio S355H (tab. 11.3.X)

IL DIRETTORE DEI LAVORI

_____

8 RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

8.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione geotecnica è la seguente:

- D.M. 11/03/1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". *La natura delle opere di fondazione per i lavori in oggetto ricadono nel disposto dell'art.C4 D.M. 11/03/1988*;
- Circ. LL.PP.24/09/1988 "Istruzioni riguardanti il D.M. 11/03/1988";
- D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare del 02.02.2009 "Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M.14.01.2008.

8.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Si richiama integralmente la relazione geosismica allegata al progetto in epigrafe.
Da attenti sopralluoghi e dalle indagini geognostiche svolte si può con certezza affermare che le aree sulle quali ricadono le opere di progetto sono stabili.

8.3 INDAGINI GEOTECNICHE

Data la tipologia delle opere, l'ubicazione delle stesse e la natura del terreno, per la redazione del presente progetto esecutivo è stato ritenuto necessario eseguire indagini del tipo dirette ed indirette.
Dette indagini sono allegate allo studio geosismico del presente progetto esecutivo.

8.4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Dalle indagini geologiche eseguite in sito è stato possibile ricostruire la successione stratigrafica del Volume significativo di interesse, così come di seguito riportata:

STRATO	ATTRITO IN GRADI(°)	PESO DI VOLUME IN G/CMC	MODULO EDOMETRICO (Mpa)	COESIONE *C'*
	26°	1.6	15	0.05

Inoltre, tenendo conto delle indagini geologiche si è considerata la falda a p.c.
I risultati forniti dall'indagine sismica sui terreni di fondazione (vedi relazione geologica) hanno permesso di definire la categoria di suolo del sito, che risulta posto in **Categoria di suolo di fondazione C =** *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30*m*, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180*m/s* e 360*m/s* (ovvero $15<N_{SPT.30}<50$ nei terreni a grana grossa e $70<cu_{30}<250$*kPa* nei terreni a grana fina).
Categoria topografica T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$.

8.5 METODOLOGIE DI SCAVO DELLE FONDAZIONI, STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO E PRESCRIZIONI

Lo scavo del piano di fondazione è previsto mediante scavo a sezione obbligata e di sbancamento, previa realizzazione delle opportune opere di sostegno previste in progetto. I fronti di scavo in genere dovranno essere messi in sicurezza modellando le scarpe con una pendenza massima di 45°/60°, ed avendo cura di non caricare la scarpate, ne con il passaggio di carichi mobili e ne con lo stoccaggio dei materiali di lavorazione.

Inoltre si dovrà avere cura di realizzare a lavoro ultimato un rinfianco e rinterro degli scavi con un terreno asciutto proveniente dagli scavi opportunamente vagliato e costipato a strati al fine di garantire buone caratteristiche meccaniche e dunque minori spinte attive e maggiori spinte passive resistenti; ed al tempo stesso scongiurare fenomeni di cedimento.

8.6 STABILITÀ GLOBALE DELL'INTERVENTI

Da attenti sopralluoghi, dalle indagini geognostiche svolte e dalle considerazioni contenute nella relazione sismica (cfr. relazione sismica allegata) si può con certezza affermare che le aree sulle quali ricadono le opere di progetto sono stabili, pertanto non è stato necessario prevedere particolari opere di progetto per la stabilizzazione dei fronti di scavo e pendii; e visto che le opere di progetto vanno a sostituire un ammasso di terreno con un peso minore, ai sensi del D.M.11/03/1988 e del D.M. 14.01.2008 essendo allo stato attuale l'area globalmente stabile dal punto di vista geologico-geotecnico, la verifica di stabilità viene omessa.
Si prescrive di programmare la sequenza degli scavi in modo da non arrecare problemi di stabilità alle opere realizzate e alle viabilità al contorno esistenti e di progetto e ai fabbricati limitrofi.

9 RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE MANUFATTI E METODI (D.M.14.01.2008)

Sono illustrati con la presente i risultati dei calcoli che riguardano il progetto delle armature, la verifica delle tensioni di lavoro dei materiali e del terreno.
I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, emanate con il D.M. 14/01/2008 pubblicato nel suppl. 30 G.U. 29 del 4/02/2008, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 2 Febbraio 2009, n. 617 "*Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*".
Di seguito dopo una breve disamina sui metodi di calcolo utilizzati sono riportati in allegato i listati di calcolo (sintetici) delle diversi manufatti calcolati, per quanto non espressamente indicato si rimanda agli allegati e al manuale del programma di calcolo.

9.1 PRESTAZIONI ATTESE – CLASSE DELLA COSTRUZIONE - VITA ESERCIZIO - MODELLI DI CALCOLO – TOLLERANZE – DURABILITÀ - PROCEDURE QUALITA' E MANUTENZIONE

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.
Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.
Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura
La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 14.01.2008 e s.m. ed i.
In particolare si è verificata :
la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (**SLU**) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quando previsto dal D.M. 14.01.2008 per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.
la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (**SLE**) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell'allegato fascicolo delle calcolazioni.
la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (**SLD**) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica
robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani.
Per quando riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

9.2 COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle NTC 2008 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle NTC 2008 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I

9.3 AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

Si è concordato con il committente che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:
- **Stato Limite di Operatività** (SLO)
- **Stato Limite di Danno** (SLD)

Gli stati limite ultimi sono:
- **Stato Limite di salvaguardia della Vita** (SLV)
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso** (SLC)

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite PVR :		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 14 gennaio 2008 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:
- Vita Nominale
- Classe d'Uso;
- Categoria del suolo;
- Coefficiente Topografico;
- Latitudine e longitudine del sito oggetto di edificazione.

Tali valori sono stati utilizzati da apposita procedura informatizzata sviluppata dalla STS s.r.l., che, a partire dalle coordinate del sito oggetto di intervento, fornisce i parametri di pericolosità sismica da considerare ai fini del calcolo strutturale, riportati nei tabulati di calcolo.
Si è inoltre concordato le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla ***neve, dal vento e dalla temperatura*** secondo quanto previsto al cap. 3 del DM 14.01.08 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

9.4 DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI VARIABILI DOVUTO ALLE AZIONI ANTROPICHE

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 14.01.2008 in funzione della destinazione d'uso.
I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti qk [kN/m^2]
- carichi verticali concentrati Qk [kN]
- carichi orizzontali lineari Hk [kN/m]

Tabella 3.1.II – *Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici*

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m^2]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	**Ambienti ad uso residenziale.** Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	**Uffici.**			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
C	**Ambienti suscettibili di affollamento**			
	Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	5,00	5,00	3,00
D	**Ambienti ad uso commerciale.**			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie…	5,00	5,00	2,00
E	**Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale.**			
	Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	6,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	—	—	—
F-G	**Rimesse e parcheggi.**			
	Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	—	—	—
H	**Coperture e sottotetti**			
	Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione	0,50	1,20	1,00
	Cat. H2 Coperture praticabili	secondo categoria di appartenenza		
	Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	—	—	—
*	non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati			
**	per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso			

I valori nominali e/o caratteristici qk, Q_k ed H_k di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle NTC 2008. In presenza di carichi verticali concentrati Qk essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dello orizzontamento;
in particolare si considera una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si sono applicano su due impronte di 200 x 200 mm, distanti assialmente di 1,80 m.

9.5 MODELLI DI CALCOLO

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 14.01.2008 ed in particolare:

- analisi elastica lineare per il calcolo delle sollecitazioni derivanti da carichi statici
- analisi dinamica modale con spettri di progetto per il calcolo delle sollecitazioni di progetto dovute all'azione sismica
- analisi degli effetti del 2° ordine quando significativi
- verifiche sezionali agli s.l.u. per le sezioni in c.a. utilizzando il legame parabola rettangolo per il calcestruzzo ed il legame elastoplastico incrudente a duttilita' limitata per l'acciaio
- verifiche plastiche per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e tensionali per quelle di classe 3
- verifiche tensionali per le sezioni in legno
- analisi statica non lineare (push Over), quando specificato, nelle elaborazioni numeriche allegate

Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli SLU che allo SLD si fa riferimento al D.M. 14.01.08 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009, n. 617 la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.
La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

9.6 TOLLERANZE

Nelle calcolazioni si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1991- EN206 - EN 1992-2005:
Copriferro 5 mm (EC2 4.4.1.3)
Per dimensioni ≤150mm ± 5 mm
Per dimensioni =400 mm ± 15 mm
Per dimensioni ≥2500 mm ± 30 mm
Per i valori intermedi interpolare linearmente.

9.7 DURABILITÀ

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazioni opportuni stati limite di esercizio **(SLE)** in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.
Inoltre per garantire la durabilità, cosi come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.
Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" DM 14.01.2008. e relative Istruzioni.

9.8 METODI DI CALCOLO UTILIZZATI

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

1) Per i carichi statici: *METODO DELLE DEFORMAZIONI*;
2) Per i carichi sismici: metodo dell'*ANALISI MODALE* o dell'*ANALISI SISMICA STATICA EQUIVALENTE*.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

9.8.1 Calcolo spostamenti e caratteristiche

II calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (**F.E.M.**).

Possono essere inseriti due tipi di elementi:

1) Elemento monodimensionale asta (*beam*) che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste, inoltre, non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.
2) L'elemento bidimensionale shell (*quad*) che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.

Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il *metodo di Cholesky*.

Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

9.8.2 Analisi sismica statica

L'analisi sismica statica è stata svolta imponendo, come da normativa, un sistema di forze orizzontali parallele alle direzioni ipotizzate come ingresso del sisma. Tali forze che sono calcolate mediante l'espressione:

$$F_i = S_d(T_1) \times W \times \frac{L}{g} \times \frac{z_i \times W_i}{\sum z_j \times W_j}$$

dove:

F_i è la forza da applicare al nodo *i*

$S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto

W è il peso sismico complessivo della costruzione

L è un coefficiente pari a 0,85 se l'edificio ha meno di tre piani e se $T_1 < T_c$, pari ad 1,0 negli altri casi

g è l'accelerazione di gravità

W_i e W_j sono i pesi delle masse sismiche ai nodi i e j

z_i e z_j sono le altezze dei nodi i e j rispetto alle fondazioni

Tali forze sono applicate in corrispondenza dei baricentri delle masse di piano.

Le forze orizzontali così calcolate vengono ripartite fra gli elementi irrigidenti (pilastri e pareti di taglio), ipotizzando i solai dei piani
sismici infinitamente rigidi assialmente.

I valori delle sollecitazioni sismiche sono combinate linearmente (in somma e in differenza) con quelle per carichi statici e con il 30%
di quelle del sisma ortogonale per ottenere le sollecitazioni di verifica.

Gli angoli delle direzioni di ingresso dei sismi sono valutati rispetto all'asse X del sistema di riferimento globale.

9.8.3 Verifiche

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono inviluppando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidezza relativa delle varie travate
convergenti su ogni nodo.

9.8.4 Misura della sicurezza

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite **(SL)** che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi **SLU** e gli stati limite di esercizio **SLE**.
La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore delle corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

9.8.5 Criteri adottati per la schematizzazione della struttura

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali.
In particolare le travi ed i pilastri sono schematizzati con elementi trave a due nodi deformabili assialmente, a flessione e taglio utilizzando funzioni di forma cubiche di Hermite.
Tale modello finito ha la caratteristica di fornire la soluzione esatta in campo elastico lineare per cui non necessita di ulteriore suddivisioni interne degli elementi strutturali.
Gli elementi finiti a due nodi possono essere utilizzati in analisi di tipo non lineare potendo modellare non linearità sia di tipo geometrico che meccanico con i seguenti modelli :

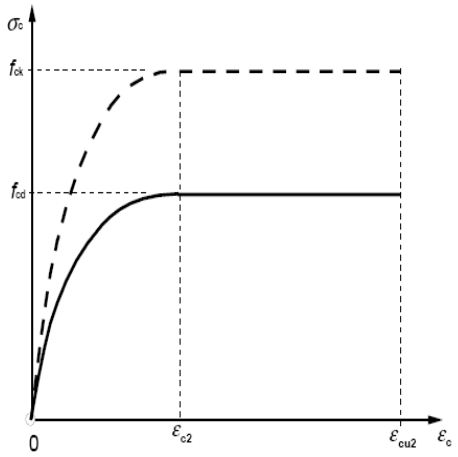
- Matrice geometrica per gli effetti del II° ordine
- Non linearità meccanica per comportamento assiale solo resistente a trazione o compressione

- Non linearità meccanica di tipo elasto-plastica con modellazione a plasticità concentrata e duttilità limitata con controllo della capacità rotazionale ultima delle cerniere plastiche. Tale modellazione viene utilizzata per effettuare le analisi sismiche di tipo PUSHOVER con le modalità previste dal D.M. 14/01/2008 e s.m.i.

Per gli elementi strutturali bidimensionali quali pareti a taglio, setti, nuclei irrigidenti, piastre o superfici generiche viene utilizzato un modello finito a 3 o 4 nodi di tipo shell che modella sia il comportamento membranale (lastra) che flessionale (piastra).
Tale elemento finito di tipo isoparametrico viene modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM.
Per questo tipo di elementi finiti la precisione dei risultati ottenuti dipenderà quindi dalla forma e densità della MESH, si ricorda che il calcolo agli elementi finiti è per sua natura un calcolo approssimato.
Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne.
La precisione nel calcolo delle tensioni è inferiore a quella ottenuta nel calcolo degli spostamenti, inoltre è fortemente dipendente dalla mesh.
Le verifiche saranno effettuate sia direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio, mentre per le azioni dovute al sisma ed in genere per le azioni che provocano elevata domanda di deformazione anelastica, sulle risultanti (forze e momenti) agenti globalmante su una sezione dell'oggetto strutturale (muro a taglio, trave accoppiamento, etc..)
Nel modello vengono tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi.
La presenza di eventuali orizzontamenti sono tenuti in conto o con vincoli cinematici rigidi o modellando la soletta con elementi SHELL.
L'analisi delle sollecitazioni viene condotta in fase elastica lineare tenendo conto eventualmente degli effetti del secondo ordine.
Le sollecitazioni derivanti dalle azioni sismiche possono essere ottenute sia da analisi statiche equivalenti che da analisi dinamiche modali.
Nel caso si debba verificare la capacità della struttura progettata od di una esistente a resistere al sisma, o si debba verificare l'effettiva duttilità strutturale si provvederà ad effettuare una analisi statica di tipo non lineare (PUSHOVER).
I vincoli tra i vari elementi strutturali e con il terreno sono modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale, in particolare per le connessioni tra aste in acciaio o legno.
Il modello di calcolo può tenere in conto o meno dell'interazione suolo-struttura schematizzando le fondazione superficiali con elementi plinto, trave o piastra su suolo elastico alla Winkler.
Nel caso di fondazioni profonde i pali vengono modellati sia per le azioni verticali che trasversali modellando il terreno alla winkler in funzione del modulo di reazione orizzontale.
Nel caso delle strutture isolate alla base gli isolatori vengono modellati come elementi a due nodi a comportamento elasto-viscoso deformabili sia a taglio che assialmente.
I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono elastico lineari.
I legami costitutivi utilizzati nelle analisi non lineari di tipo PUSHOVER possono essere di tipo elastoplastico - incrudente a duttilità limitata, elasto-fragile, elastoplastico a compressione e fragile a trazione.
Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:

LEGAME PARABOLA RETTANGOLO PER IL CALCESTRUZZO

Legame costitutivo di progetto del calcestruzzo

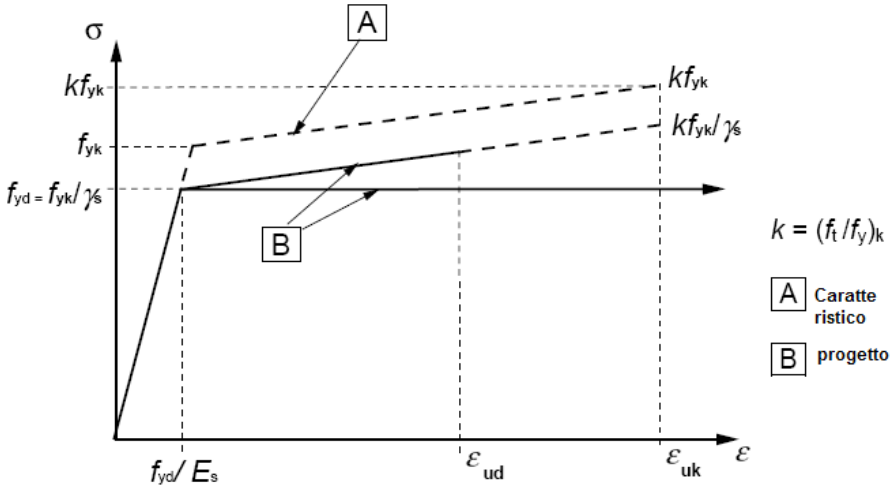


Il valore ε_{cu2} nel caso di analisi non lineari sarà valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.

LEGAME ELASTICO PREFETTAMENTE PLASTICO O INCRUDENTE O DUTTILITA' LIMITATA PER L'ACCIAIO

Legame costitutivo di progetto acciaio per c.a.

- legame rigido plastico per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e elastico lineare per quelle di classe 3 e 4
- legame elastico lineare per le sezioni in legno
- legame elasto-viscoso per gli isolatori



9.8.6 Combinazioni di calcolo

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 14.01.2008 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.
In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 NTC 2008; queste sono:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU) (2.5.1)
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7(2.5.2)
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili (2.5.3)
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine(2.5.4)
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5):
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G2.
Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire "combinato con".
I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γGi e γQj sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I

Per le combinazioni sismiche:
Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 form. 3.2.16 delle NTC 2008
Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).
I valori dei coefficienti ψ_{2j} sono riportati nella Tabella 2.5.I

La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.
La protezione contro l'eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

9.8.7 Azioni sulla costruzione

Azione sismica

Ai fini delle NTC 2008 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.
Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

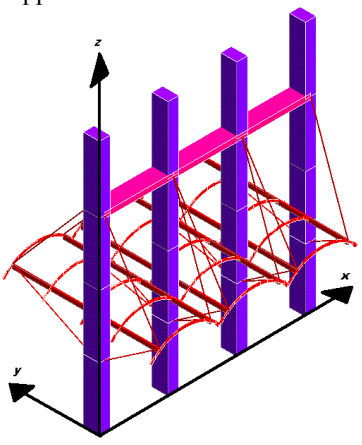
l'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.
Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.
In allegato alle NTC, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Azioni antropiche e pesi propri

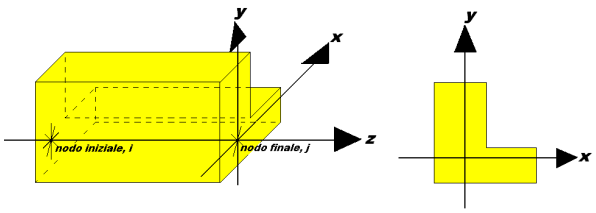
In generale sulle pareti del cantinato, se questo è presente, agiscono le spinte del terreno. In sede di valutazione di tali carichi, se non c'è grossa variabilità dei parametri geotecnici dei vari strati così come individuati nella relazione geologica, si adotterà una o più tipologie di terreno ai soli fini della definizione dei lati di spinta e/o di eventuali sovraccarichi.

9.8.8 Sistemi di riferimento

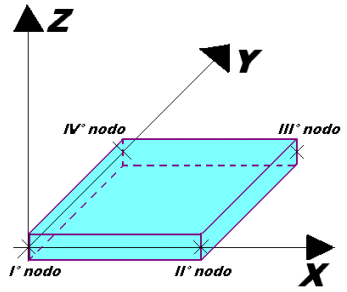
1) SISTEMA GLOBALE DELLA STRUTTURA SPAZIALE
Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE
Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:



3) SISTEMA LOCALE DELL'ELEMENTO SHELL
Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore:



9.8.9 Unità di misura

Si adottano le seguenti unità di misura:

[lunghezze] = cm
[forze] = daN

9.8.10 Convenzioni sui segni

I carichi agenti sono:

1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;

2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

10 SOFTWARE UTILIZZATI E TIPO DI ELABORATORE

10.1 SOFTWARE UTILIZZATO

PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program – versione ENTRY (build 2013.11.167) prodotto dalla:
2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l, Ferrara

10.2 ELABORATORE UTILIZZATO

MARCA	MAC
MODELLO	IMAC 21.5"/500GB/9400M
PROCESSORE	3.33GHZ INTEL CORE 2 DUO
RAM	4GB 1066MHZ DDR3 SDRAM - 2X2GB
S.O.	Windows PROFESSIONAL XP Edition
VERSIONE	Service Pack 3
REGISTRAZIONE	76435-OEM-0057853-29591

10.3 CODICE DI CALCOLO, SOLUTORE E AFFIDABILITA' DEI RISULTATI

Come previsto al punto *10.2 delle norme tecniche di cui al D.M. 14.01.2008* l'affidabilità del codice utilizzato è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.
Si allega alla presente i test sui casi prova forniti dalla 2S.I. s.r.l. a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti. La 2S.I. s.r.l. a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti fornisce direttamente on-line i test sui casi prova

(*http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm*)

Il software è inoltre dotato di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.
I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.
In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello di calcolo generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali mal condizionamenti delle matrici, verifica dell'indice di condizionamento.
- Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

10.4 VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITÀ

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.
Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.
Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.
Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.
Le sollecitazioni ottenute sulle travi per i carichi verticali direttamente agenti sono stati confrontati con semplici schemi a trave continua.

Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.
Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

10.5 PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 14.01.2008.
Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli per il valore delle le azioni pari a quelle di esercizio.

11 CONCLUSIONI

L'analisi dei complessi strutturali oggetto della seguente relazione e di tutti gli elaborati allegati ha evidenziato un buon comportamento sia sotto l'azione dei soli carichi verticali che sotto l'azione sismica.
In applicazione il menzionato progetto è stato redatto nel rispetto del D.M.14/01/2008.
Tutte le verifiche eseguite risultano soddisfatte secondo i livelli di sicurezza previsti dalla normativa vigente ed attestano la conformità delle strutture verificate a quanto disposto dalla stessa legislazione.
Al fine di valutare l'affidabilità dei risultati ottenuti dall'analisi automatica è stata condotta una valutazione complessiva consistente nel confronto con i risultati di semplici calcoli eseguiti con metodi tradizionali e adottati in fase di prima verifica della struttura.
Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, è stata valutata la consistenza delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

IL PROGETTISTA STRUTTURALE

_____

12 FASCICOLO DEI CALCOLI E RELAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI

In allegato si riportano i seguenti allegati di calcolo per le varie opere strutturali:

Allegato 1 TABULATI DI CALCOLO –