

PROGETTO DELLA CENTRALE SOLARE

"Energia del Panaro"

da 83,2 MWp - Finale Emilia (MO)

ER07.1

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE



AEDES GROUP
ENGINEERING



**MARE
RINNOVABILI**

Proponente

ENGIE FINALE EMILIA S.r.l.

Via Chiese, 72, 20126 Milano MI

Progetto dell'inserimento paesaggistico e mitigazione

Coordinamento alla progettazione: Dott. Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi,
Dott. Francesco Semmola, Arch. Alessandro Visalli,
Arch. Riccardo Festa

Progettisti: Arch. Paola Ferraioli, Arch. Anna Manzo

Collaboratori: Dott. Carmine Perna, Dott. Agr. Giuseppe Maria Massa,
Dott. Agr. Vincenzo Meola

Progettazione elettrica e civile

Progettisti: Ing. Rolando Roberto, Ing. Giselle Roberto

Collaboratori: Ing. Giuseppe Fava, Ing. Filippo Angarano,
Ing. Karim Ait Hamd, Ing. Marco Balzano,
Ing. Simone Bonacini, Ing. Marcello Centracchio

Progettazione mandorleteo superintensivo

Progettisti: Dott. Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi, Dott. Agr. Giuseppe Maria Massa,
Dott. Agr. Francesco Palombo

Consulenza geologica

Geol. Gaetano Ciccarelli

Consulenza archeologica

GeA Archeologia Preventiva

Consulenza agronomica

iGreen System, Imola



05 2026

rev	descrizione	formato	elaborazione	controllo	approvazione
00	Prima consegna	A4	Giovanni Trinetti	Giovanni Trinetti	Rolando Roberto
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					



Relazione di calcolo strutturale impostata e redatta secondo le modalità previste nel D.M. 17 Gennaio 2018 cap. 10 “Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo”.

Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo	
Codice di calcolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2024-10-201)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l. Via Garibaldi, 90 44121 Ferrara FE (Italy) Tel. +39 0532 200091 www.2si.it
Codice Licenza:	Licenza dsi4896

Descrizione	
Progetto	Progetto della Centrale Solare “ENERGIA DEL PANARO” da 83,2 MWp
Ubicazione	Comune di FINALE EMILIA (MO) (Regione EMILIA-ROMAGNA) Località FINALE EMILIA (MO) Longitudine 11.294, Latitudine 44.833
Progettista	GEA BUILDING DESIGN SRL – Ing. Giovanni Trinetti

In merito al punto 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (*Affidabilità dei codici utilizzati*), si fa riferimento al **Documento di Affidabilità** “Test di validazione del software di calcolo PRO_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO_SAP Modulo Geotecnico, PRO_CAD nodi acciaio e PRO_MST” disponibile per il download sul sito: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE PRELIMINARE PLATEA DI FONDAZIONE CABINA DI TRASFORMAZIONE.....	5
INQUADRAMENTO GENERALE	5
Considerazioni in merito alle scelte progettuali	6
Descrizione del sistema ad inseguimento monoassiale	6
PREMESSA.....	8
DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	8
QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO	9
AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE	9
MODELLO NUMERICO.....	10
Tipo di analisi strutturale	10
Informazioni sul codice di calcolo	10
Affidabilità dei codici utilizzati	11
MODELLAZIONE DELLE AZIONI.....	12
COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO	12
VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI.....	13
VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	13
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	13
CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI	14
LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI	14
MODELLAZIONE DELLE SEZIONI	18
LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI	18
MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI	19
LEGENDA TABELLA DATI NODI	19
TABELLA DATI NODI	20
MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI SHELL	21
LEGENDA TABELLA DATI SHELL.....	21
MODELLAZIONE DELLE AZIONI	25
LEGENDA TABELLA DATI AZIONI	25
SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO.....	26
LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO	26
DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI	29
LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO	29

AZIONE SISMICA	32
VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA	32
Parametri della struttura	33
RISULTATI ANALISI SISMICHE	34
LEGENDA TABELLA ANALISI SISMICHE	34
RISULTATI NODALI	39
LEGENDA RISULTATI NODALI	39
RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE	40
LEGENDA RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE	40
RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL	41
LEGENDA RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL	41
VERIFICHE ELEMENTI PARETE E GUSCIO IN C.A.	43
STATI LIMITE D' ESERCIZIO	48
LEGENDA TABELLA STATI LIMITE D' ESERCIZIO	48
STATO LIMITE D' ESERCIZIO: SLD DANNO SISMICO	49
LEGENDA TABELLA STATI LIMITE DI DANNO (VERIFICHE RES)	49
Simbologia adottata nelle tabelle di verifica	50
RELAZIONE GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI	52
PARAMETRI DI CALCOLO	59
VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI SUPERFICIALI	64
VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI	65
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE TRACKERS	66
PREMESSA	66
DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	66
QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO	67
AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE	67
MODELLAZIONE DELLE AZIONI	69
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	70
CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI	72
MODELLAZIONE DELLE SEZIONI	76
MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI	77
MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE	79

MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA: ELEMENTI SOLAIO-PANNELLO	82
MODELLAZIONE DELLE AZIONI	85
SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO	87
CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO	88
RISULTATI ANALISI SISMICHE	98
RISULTATI NODALI	106
LEGENDA RISULTATI NODALI	106
RISULTATI ELEMENTI TIPO TRAVE	108
VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO	110
LEGENDA TABELLA VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO	110
STATI LIMITE D' ESERCIZIO ACCIAIO	113
LEGENDA TABELLA STATI LIMITE D' ESERCIZIO ACCIAIO	113
VERIFICA A RIBALTAMENTO DEI TRACKERS	117
VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE DEI TRACKER SOGGETTI AD AZIONI ORIZZONTALI DA VENTO	120
Premessa	120
Conclusioni	123

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE PRELIMINARE PLATEA DI FONDAZIONE CABINA DI TRASFORMAZIONE

INQUADRAMENTO GENERALE

La centrale fotovoltaica, di potenza di picco pari a 83.232 kWp, sarà ubicata nel comune di *Finale Emilia* in Modena (MO). La superficie di impianto riporta un'estensione totale pari a circa 140,7 ha attualmente a destinazione agricola.

La realizzazione dell'impianto fotovoltaico in esame prevede l'utilizzo di 110.976 moduli fotovoltaici in silicio cristallino, della potenza specifica di 750 Wp ciascuno.

Comune	Finale Emilia (MO)
Latitudine	44°50'28.54"N
Longitudine	11°20'23.45"E
Zona altimetrica	Pianura
Zona climatica	E
GG convenzionali	2.189
Aree di progetto (ha)	140,7

Tabella 1 - Dati geografici e climatici della località



Figura 1- Foto satellitare: localizzazione del sito

Considerazioni in merito alle scelte progettuali

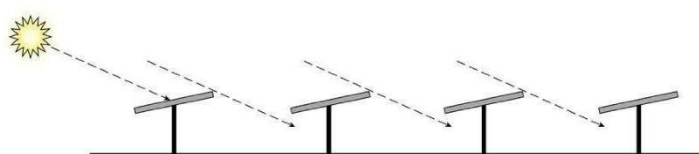
Nello sviluppo del progetto si sono adottati alcuni elementi cardine intorno ai quali si è ritenuto di sviluppare l'impianto di produzione, come le strutture a inseguimento monoassiale.

Con l'utilizzo di inseguitori, a parità di terreno occupato, l'energia elettrica prodotta sarà superiore rispetto ad altri sistemi, e i moduli fotovoltaici avranno prodotto più energia migliorando anche il ritorno dell'investimento energetico. Inoltre le strutture relativamente leggere potranno essere semplicemente fissate nel terreno a battimenti, senza plinti di cemento.

Descrizione del sistema ad inseguimento monoassiale

Il sistema di supporto dei moduli fotovoltaici sarà del tipo ad inseguitore mono assiale. La massimizzazione degli spazi a disposizione e della produttività è frutto del posizionamento dei moduli, che saranno ad asse orizzontale con asse di rotazione posto lungo la direttrice nord sud. Durante la giornata il sistema, con l'ausilio di attuatori elettromeccanici, ruota i componenti fotovoltaici seguendo la traiettoria est-ovest.

Il software di controllo degli inseguitori garantisce un angolo di tilt variabile nel corso delle stagioni, tale da ottimizzare la producibilità con la minimizzazione dell'ombreggiamento reciproco.



Seguendo un principio di standardizzazione del campo fotovoltaico si cercherà di limitare al massimo le tipologie di inseguitori, gestendoli in modo da garantire un cablaggio della parte in corrente continua omogeneo per tutto il sito. La lunghezza del singolo inseguitore sarà pertanto in funzione della lunghezza delle stringhe fotovoltaiche. In particolare si prevedranno tre tipologie di inseguitori:

- tipologia da circa 16 m lineari, ospitante 12 moduli fotovoltaici;
- tipologia da circa 32 m lineari, ospitante 24 moduli fotovoltaici;
- tipologia da circa 64 m lineari, ospitante 48 moduli fotovoltaici.

Le strutture di sostegno saranno realizzate tramite profili a omega infissi direttamente nel terreno, senza l'uso di cemento. Si rimanda agli elaborati di dettaglio per le caratteristiche meccaniche complete.

Tutta l'elettronica di comando è a bordo macchina, posta in appositi quadri stagni. L'assieme è quindi contenuto negli ingombri e non richiede il posizionamento in quadro di ulteriori quadri, apparecchiature o cabinati di controllo. Lo stesso attuatore lineare atto alla traslazione del piano dei moduli è sostanzialmente integrato negli elementi della struttura di supporto. Si avranno indicativamente una potenza installata di circa 250 W per singolo attuatore lineare. La tipologia di

inseguitore di circa 60 m avrà indicativamente n°4 attuatori, con un fattore di contemporaneità di esercizio pari a 0,5.



Figura 2- Particolare strutture ed attuatore

In particolare, per il progetto in esame si prevede l'utilizzo di:

- N° 346 strutture da 12 moduli ciascuna
- N° 435 strutture da 24 moduli ciascuna
- N° 2.008 strutture da 48 moduli ciascuna

PREMESSA

La presente relazione di calcolo strutturale, in conformità al §10.1 del DM 17/01/18, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica. Segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 del DM stesso per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo.

Nella presente parte sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto esecutivo riguardante le strutture, in relazione agli strumenti urbanistici, al progetto architettonico, al progetto delle componenti tecnologiche in generale ed alle prestazioni attese dalla struttura.

DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Descrizione generale dell'opera	
Fabbricato ad uso	CENTRALE SOLARE – CABINA DI TRASFORMAZIONE
Ubicazione	Comune di FINALE EMILIA (MO) (Regione EMILIA-ROMAGNA)
	Località FINALE EMILIA (MO)
	Longitudine 11.294, Latitudine 44.833

Principali caratteristiche della struttura	
Struttura regolare in pianta	
Struttura regolare in altezza	
Classe di duttilità	

Parametri della struttura			
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]
IV	100.0	2.0	200.0

Fattore di struttura/comportamento	
Calcolo dei fattori di comportamento secondo il D.M. 17/01/2018	
Caratteristiche costruzione	
Tipologia	Nuova
Regolarità pianta	SI
Regolarità altezza	SI
Classe di duttilità	ND
Sistema costruttivo	Calcestruzzo
Tipologia strutturale	Altre tipologie
Parametri	

q_0	1.500	
K_R	1.0	
$q_D = q_0 \cdot K_R$	1.500	
$q_{ND} = 2/3 \cdot q_D$	1.000 (≤ 1.5)	
Fattori di comportamento		
	Dissipativi	Non dissipativi
q SLU x	1.500	1.000
q SLU y	1.500	1.000
q SLU z	1.500	1.500

QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO

Le norme ed i documenti assunti quale riferimento per la progettazione strutturale vengono indicati di seguito.

Nel capitolo “normativa di riferimento” è comunque presente l’elenco completo delle normative disponibili.

Progetto-verifica degli elementi	
Progetto cemento armato	D.M. 17-01-2018
Progetto acciaio	D.M. 17-01-2018
Progetto legno	D.M. 17-01-2018
Progetto muratura	D.M. 17-01-2018
Azione sismica	
Norma applicata per l’azione sismica	D.M. 17-01-2018

AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE

Nei capitoli “modellazione delle azioni” e “schematizzazione dei casi di carico” sono indicate le azioni sulla costruzioni.

Nel prosieguo si indicano tipo di analisi strutturale condotta (statico,dinamico, lineare o non lineare) e il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale nonché le metodologie seguite per la verifica o per il progetto -verifica delle sezioni. Si riportano le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti; le configurazioni studiate per la struttura in esame *sono risultate effettivamente esaustive per la progettazione-verifica.*

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L’analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici. L’analisi strutturale è condotta con il metodo dell’analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L’analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell’ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$K \cdot u = F$ dove K = matrice di rigidezza

u = vettore spostamenti nodali

F = vettore forze nodali

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

Elemento tipo TRUSS	(biella-D2)
Elemento tipo BEAM	(trave-D2)
Elemento tipo MEMBRANE	(membrana-D3)
Elemento tipo PLATE	(piastra-guscio-D3)
Elemento tipo BOUNDARY	(molla)
Elemento tipo STIFFNESS	(matrice di rigidezza)
Elemento tipo BRICK	(elemento solido)
Elemento tipo SOLAIO	(macro elemento composto da più membrane)

MODELLO NUMERICO

In questa parte viene descritto il modello numerico utilizzato (o i modelli numerici utilizzati) per l'analisi della struttura. La presentazione delle informazioni deve essere, coerentemente con le prescrizioni del paragrafo 10.2 e relativi sottoparagrafi delle NTC-18, tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità

Tipo di analisi strutturale	
Sismica statica lineare	SI
Sismica dinamica lineare	NO
Sismica statica non lineare (prop. masse)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo)	NO
Sismica statica non lineare (triangolare)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO
Analisi lineare	SI

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

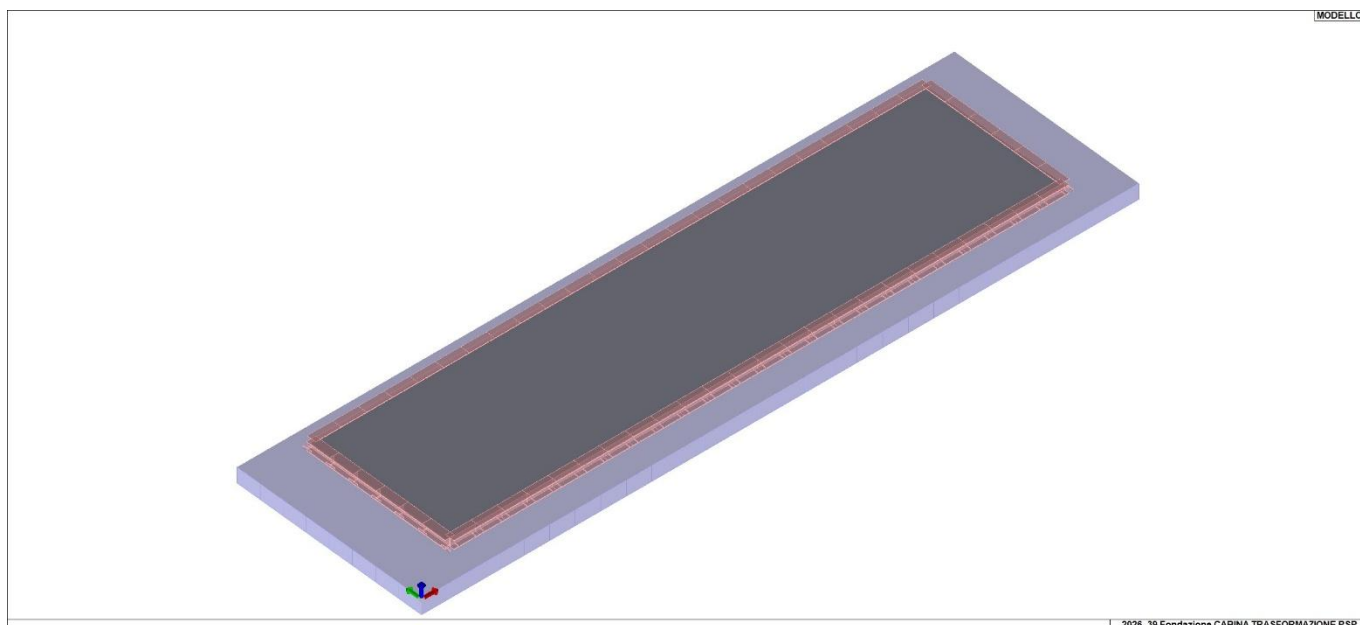
Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2024-10-201)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Codice Licenza:	Licenza dsi4896

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software **ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico**. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

Affidabilità dei codici utilizzati

2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:
<https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>



Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:

nodi	321
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	120
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	224
elementi solaio	1
elementi solidi	0

Dimensione del modello strutturale [cm]:

X min =	0.00
Xmax =	1400.00
Ymin =	0.00
Ymax =	400.00
Zmin =	0.00
Zmax =	20.00

Strutture verticali:

Elementi di tipo asta	NO
Pilastri	SI
Pareti	NO

Setti (a comportamento membranale)	NO
Strutture non verticali:	
Elementi di tipo asta	NO
Travi	SI
Gusci	NO
Membrane	NO
Orizzontamenti:	
Solai con la proprietà piano rigido	NO
Solai senza la proprietà piano rigido	SI
Tipo di vincoli:	
Nodi vincolati rigidamente	NO
Nodi vincolati elasticamente	NO
Nodi con isolatori sismici	NO
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	NO
Fondazioni di tipo trave	NO
Fondazioni di tipo platea	SI
Fondazioni con elementi solidi	NO

MODELLAZIONE DELLE AZIONI

Si veda il capitolo **“Schematizzazione dei casi di carico”** per le informazioni necessarie alla comprensione ed alla ricostruzione delle azioni applicate al modello numerico, coerentemente con quanto indicato nella parte *“2.6. Azioni di progetto sulla costruzione”*.

COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO

Si veda il capitolo **“Definizione delle combinazioni”** in cui sono indicate le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti.

Combinazioni dei casi di carico	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	SI
SLC	NO
SLD	SI
SLO	NO
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO
SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI

Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	NO

Informazioni generali sull'elaborazione e giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni anormali. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. Si allega al termine della presente relazione elenco sintetico dei controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.).

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLU vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità ed i criteri seguiti per valutare la sicurezza della struttura nei confronti delle possibili situazioni di crisi ed i risultati delle valutazioni svolte. In via generale, oltre alle verifiche di resistenza e di spostamento, devono essere prese in considerazione verifiche nei confronti dei fenomeni di instabilità, locale e globale, di fatica, di duttilità, di degrado.

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLE vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità seguite per valutare l'affidabilità della struttura nei confronti delle possibili situazioni di perdita di funzionalità (per eccessive deformazioni, fessurazioni, vibrazioni, etc.) ed i risultati delle valutazioni svolte.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
2. Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
3. D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
4. D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
5. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
6. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
7. Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. 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. 16/01/96.
8. Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
9. D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
10. Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
11. D.M. LL.PP. 11 Marzo 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".
12. D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
13. UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001

14. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.
15. UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
16. UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.
17. UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
18. UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.
19. UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
20. UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.
21. UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
22. UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.
23. UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
24. UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.
25. UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
26. UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.
27. UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici.
28. UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.
29. UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.
30. UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.
31. UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
32. UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
33. UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.
34. UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
35. CNR DT-200/2013 - Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati
36. CNR DT-215/2018 - Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica

NOTA: il presente capitolo riporta l'elenco delle normative implementate nel software. Le norme utilizzate per la struttura oggetto della presente relazione sono indicate nel precedente capitolo "RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE" "ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO".

Laddove nei capitoli successivi vengano richiamate normative antecedenti al DM 17.01.18 è dovuto alla progettazione simulata di edificio esistente.

CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI

Il programma consente l'uso di materiali diversi. Sono previsti i seguenti tipi di materiale:

1	materiale tipo cemento armato
2	materiale tipo acciaio
3	materiale tipo muratura
4	materiale tipo legno
5	materiale tipo generico

I materiali utilizzati nella modellazione sono individuati da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni materiale vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Young	modulo di elasticità normale E
Poisson	coefficiente di contrazione trasversale ν
G	modulo di elasticità tangenziale
Gamma	peso specifico
Alfa	coefficiente di dilatazione termica
Fattore di confidenza FC m	Fattore di confidenza specifico per materiale; (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)
Fattore di confidenza FC a	Fattore di confidenza specifico per l'armatura (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)
Elasto-plastico	Materiale elastico perfettamente plastico per aste non lineari
Massima compressione	Massima tensione di compressione per aste non lineari
Massima trazione	Massima tensione di trazione per aste non lineari
Fattore attrito	Coefficiente di attrito per aste non lineari
Rapporto HRDb	Rapporto di hardening a flessione
Rapporto HRDv	Rapporto di hardening a taglio

I dati soprariportati vengono utilizzati per la modellazione dello schema statico e per la determinazione dei carichi inerziali e termici. In relazione al tipo di materiale vengono riportati inoltre:

1	c.a.	Resistenza Rc Resistenza fctm Coefficiente ksb	resistenza a compressione cubica resistenza media a trazione semplice Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da utilizzare nello stress block
2	acciaio	Tensione ft Tensione fy Resistenza fd Resistenza fd (>40) Tensione ammissibile Tensione ammissibile(>40)	Valore della tensione di rottura Valore della tensione di snervamento Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011 Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm Tensione ammissibile CNR-UNI 10011 Tensione ammissibile CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm
3	muratura	Muratura consolidata Incremento resistenza Incremento rigidezza Resistenza f Resistenza fv0 Resistenza fh Resistenza fb Resistenza fbh	Muratura per la quale si prevedono interventi di rinforzo" Incremento conseguito in termini di resistenza Incremento conseguito in termini di rigidezza Valore della resistenza a compressione Valore della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali Valore della resistenza a compressione orizzontale Valore della resistenza a compressione dei blocchi Valore della resistenza a compressione dei blocchi in direzione

	Resistenza fv0h	orizzontale Valore della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali per le travi
	Resistenza ft	Valore della resistenza a trazione per fessurazione diagonale
	Resistenza fvlm	Valore della massima resistenza a taglio
	Resistenza fbt	Valore della resistenza a trazione dei blocchi
	Coefficiente mu	Coefficiente d'attrito utilizzato per la resistenza a taglio
	Coefficiente fi	Coefficiente d'ingranamento utilizzato per la resistenza a taglio
	Coefficiente ksb	Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da utilizzare nello stress block
4	legno	
	E0,05	Modulo di elasticità corrispondente ad un frattile del 5%
	Resistenza fc0	Valore della resistenza a compressione parallela
	Resistenza ft0	Valore della resistenza a trazione parallela
	Resistenza fm	Valore della resistenza a flessione
	Resistenza fv	Valore della resistenza a taglio
	Resist. ft0k	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per trazione
	Resist. fmk	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per flessione
	Resist. fvk	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per taglio
	Modulo E0,05	Modulo elastico parallelo caratteristico
	Lamellare	lamellare o massiccio

Nel tabulato si riportano sia i valori caratteristici che medi utilizzando gli uni e/o gli altri in relazione alle richieste di normativa ed alla tipologia di verifica. (Cap.7 NTC18 per materiali nuovi, Cap.8 NTC18 e relativa circolare 21/01/2019 per materiali esistenti, Linee Guida Reluis per incamiciatura CAM, CNR-DT 200 per interventi con FRP, CNR-DT 215 per interventi con FRCM)

Vengono inoltre riportate le tabelle contenenti il riassunto delle informazioni assegnate nei criteri di progetto in uso.

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
		daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2		daN/cm2	daN/cm3		
1	Calcestruzzo Classe C25/30			3.145e+05	0.20	1.310e+05	2.50e-03	1.00e-05	
	Resistenza Rc	300.0							
	Resistenza fctm		25.6						
	Rapporto Rfessurata (assiale)								1.00
	Rapporto Rfessurata (flessione)								1.00
	Rapporto Rfessurata (taglio)								1.00
	Coefficiente ksb								0.85
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
12	Acciaio Fe430 - S275-acciaio Fe430-S275			2.100e+06	0.30	8.077e+05	7.85e-03	1.20e-05	
	Tensione ft	4300.0							
	Resistenza fd	2750.0							
	Resistenza fd (>40)	2500.0							
	Tensione ammissibile	1900.0							
	Tensione ammissibile (>40)	1700.0							
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05

Pilastracci acc.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Lunghezze libere						
Metodo di calcolo 2-2	Assegnato	Assegnato				
2-2 Beta assegnato	2.00	2.00				
2-2 Beta * L assegnato [cm]	0.0	0.0				
Metodo di calcolo 3-3	Assegnato	Assegnato				
3-3 Beta assegnato	2.00	2.00				
3-3 Beta * L assegnato [cm]	0.0	0.0				
1-1 Beta assegnato	1.00	1.00				
1-1 Beta * L assegnato [cm]	0.0	0.0				
Generalità						
Coefficiente gamma M0	1.05	1.05				
Coefficiente gamma M1	1.05	1.05				
Coefficiente gamma M2	1.25	1.25				

Pilastrici acc.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Effetti del 2 ordine	SI	SI				
Momenti equivalenti	SI	SI				
Usa condizioni I e II	SI	SI				

Travi acc.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Lunghezze libere						
3-3 Beta * L automatico	SI	SI				
3-3 Beta assegnato	1.00	1.00				
3-3 Beta assegnato [cm]	0.0	0.0				
2-2 Beta * L automatico	SI	SI				
2-2 Beta assegnato	1.00	1.00				
2-2 Beta * L assegnato [cm]	0.0	0.0				
1-1 Beta * L automatico	SI	SI				
1-1 Beta assegnato	1.00	1.00				
1-1 Beta * L assegnato [cm]	0.0	0.0				
Generalità						
Coefficiente gamma M0	1.05	1.05				
Coefficiente gamma M1	1.05	1.05				
Coefficiente gamma M2	1.25	1.25				
Luce di taglio per GR [cm]	1.00	1.00				
Usa condizioni I e II	SI	SI				
Momenti equivalenti	SI	SI				

Gusci c.a.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Armatura						
Inclinazione Ax [gradi]	0.0	0.0				
Angolo Ax-Ay [gradi]	90.00	90.00				
Minima tesa	0.31	0.10				
Massima tesa	0.78	4.00				
Maglia unica centrale	NO	NO				
Copriferro [cm]	2.00	3.00				
Maglia x						
diametro	10	12				
passo	20	20				
diametro aggiuntivi	12	12				
Maglia y						
diametro	10	12				
passo	20	20				
diametro aggiuntivi	12	12				
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm2]	4500.00	4500.00				
Tipo acciaio	tipo C	tipo C				
Coefficiente gamma s	1.15	1.15				
Coefficiente gamma c	1.50	1.50				
Verifiche con N costante	SI	SI				
Applica SLU da DIN	NO	NO				
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm2]	97.50	97.50				
Tensione amm. acciaio [daN/cm2]	2600.00	2600.00				
Rapporto omogeneizzazione N	15.00	15.00				
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00	1.00				
Resistenza al fuoco						
3- intradosso	NO	NO				
3+ estradosso	NO	NO				
Tempo di esposizione R	15	15				

Solai e pannelli	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Generalità						
Usa tensioni ammissibili	NO	NO				
Af inf: da traliccio	SI	SI				
Consenti armatura a taglio	NO	NO				
Incrementa armatura longitudinale per taglio	SI	SI				
Af inf: da q*L*L /	20.00	20.00				
Incremento fascia piena [cm]	5.00	5.00				
Armatura						
Minima tesa	0.15	0.15				
Massima tesa	3.00	3.00				
Minima compressa	0.0	0.0				

Solai e pannelli	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Af/h [cm]	7.000e-02	7.000e-02				
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm ²]	4500.00	4500.00				
Tipo acciaio	tipo C	tipo C				
Coefficiente gamma s	1.15	1.15				
Coefficiente gamma c	1.50	1.50				
Fattore di ridistribuzione	0.0	0.0				
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm ²]	85.00	85.00				
Tensione amm. acciaio [daN/cm ²]	2600.00	2600.00				
Rapporto omogeneizzazione N	15.00	15.00				
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00	1.00				
Verifica freccia						
Infinita	250.00	250.00				
Istantanea	500.00	500.00				
Fattore viscosità	3.00	3.00				
Usa J non fessurato	NO	NO				
Elementi non strutturali						
Tamponatura antiespulsione Danesi	NO	NO				
Tamponatura con armatura	NO	NO				
Fattore di struttura/comportamento	2.00	2.00				
Coefficiente gamma m	0.0	0.0				
Periodo Ta	0.0	0.0				
Altezza pannello	0.0	0.0				

MODELLAZIONE DELLE SEZIONI

LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI

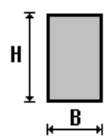
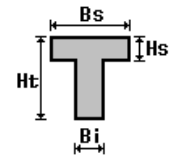
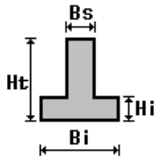
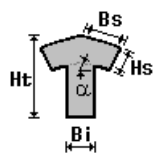
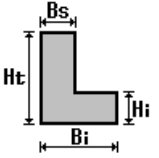
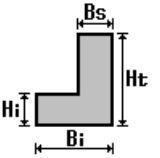
Il programma consente l'uso di sezioni diverse. Sono previsti i seguenti tipi di sezione:

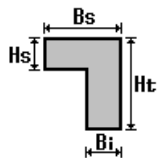
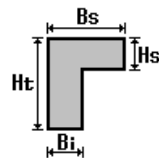
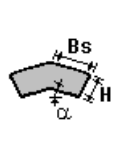
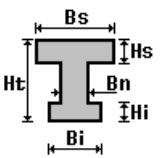
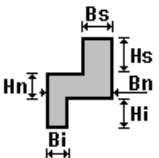
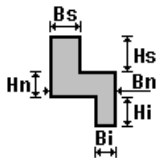
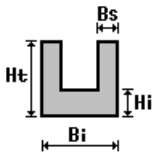
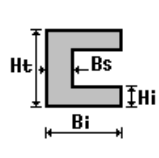
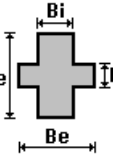
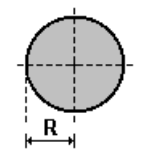
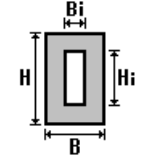
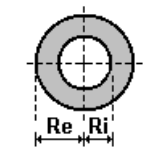
1. sezione di tipo generico
2. profilati semplici
3. profilati accoppiati e speciali

Le sezioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni sezione vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Area	area della sezione
A V2	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 2)
A V3	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 3)
Jt	fattore torsionale di rigidezza
J2-2	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2
J3-3	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3
W2-2	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 2
W3-3	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 3
Wp2-2	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2
Wp3-3	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3

I dati sopra riportati vengono utilizzati per la determinazione dei carichi inerziali e per la definizione delle rigidezze degli elementi strutturali; qualora il valore di Area V2 (e/o Area V3) sia nullo la deformabilità per taglio V2 (e/o V3) è trascurata. La valutazione delle caratteristiche inerziali delle sezioni è condotta nel riferimento 2-3 dell'elemento.

 rettangolare	 a T	 a T rovescia	 a T di colmo	 a L	 a L specchiata
---	--	---	--	--	---

					
a L specchiata rovescia	a L rovescia	a L di colmo	a doppio T	a quattro specchiata	a quattro
					
a U	a C	a croce	circolare	rettangolare cava	circolare cava

Per quanto concerne i profilati semplici ed accoppiati l'asse 2 del riferimento coincide con l'asse x riportato nei più diffusi profilati.

Per quanto concerne le sezioni di tipo generico (tipo 1.):

i valori dimensionali con prefisso B sono riferiti all'asse 2

i valori dimensionali con prefisso H sono riferiti all'asse 3

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
8	HEA 180	cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
		45.30	0.0	0.0	14.80	925.00	2510.00	102.70	293.60	156.50	324.90

MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI

LEGENDA TABELLA DATI NODI

Il programma utilizza per la modellazione nodi strutturali.

Ogni nodo è individuato dalle coordinate cartesiane nel sistema di riferimento globale (X Y Z).

Ad ogni nodo è eventualmente associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale, ed un set di sei molle (tre per le traslazioni, tre per le rotazioni). Le tabelle sottoriportate riflettono le succitate possibilità. In particolare per ogni nodo viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z

Per i nodi ai quali sia associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale o un set di molle viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z
Note	eventuale codice di vincolo (es. v=110010 sei valori relativi ai sei gradi di libertà previsti per il nodo TxTyTzRxRyRz, il valore 1 indica che lo spostamento o rotazione relativo è impedito, il valore 0 indica che lo spostamento o rotazione relativo è libero).

Note	(FS = 1, 2,...) eventuale codice del tipo di fondazione speciale (1, 2,... fanno riferimento alle tipologie: plinto, palo, plinto su pali,...) che è collegato al nodo. (ISO = "id SIGLA") indice e sigla identificativa dell' eventuale isolatore sismico assegnato al nodo
Rig. TX	valore della rigidezza dei vincoli elastici eventualmente applicati al nodo, nello specifico TX (idem per TY, TZ, RX, RY, RZ).

Per strutture sismicamente isolate viene inoltre inserita la tabella delle caratteristiche per gli isolatori utilizzati; le caratteristiche sono indicate in conformità al cap. 7.10 del D.M. 17/01/18

TABELLA DATI NODI

Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z
	cm	cm	cm		cm	cm	cm		cm	cm	cm
1	0.0	0.0	0.0	2	0.0	400.0	0.0	3	1400.0	0.0	0.0
4	1400.0	400.0	0.0	5	1350.0	400.0	0.0	6	1300.0	400.0	0.0
7	1250.0	400.0	0.0	8	1200.0	400.0	0.0	9	1150.0	400.0	0.0
10	1100.0	400.0	0.0	11	1050.0	400.0	0.0	12	1000.0	400.0	0.0
13	950.0	400.0	0.0	14	900.0	400.0	0.0	15	850.0	400.0	0.0
16	800.0	400.0	0.0	17	750.0	400.0	0.0	18	700.0	400.0	0.0
19	650.0	400.0	0.0	20	600.0	400.0	0.0	21	550.0	400.0	0.0
22	500.0	400.0	0.0	23	450.0	400.0	0.0	24	400.0	400.0	0.0
25	350.0	400.0	0.0	26	300.0	400.0	0.0	27	250.0	400.0	0.0
28	200.0	400.0	0.0	29	150.0	400.0	0.0	30	100.0	400.0	0.0
31	50.0	400.0	0.0	32	0.0	350.0	0.0	33	0.0	300.0	0.0
34	0.0	250.0	0.0	35	0.0	200.0	0.0	36	0.0	150.0	0.0
37	0.0	100.0	0.0	38	0.0	50.0	0.0	39	50.0	0.0	0.0
40	100.0	0.0	0.0	41	150.0	0.0	0.0	42	200.0	0.0	0.0
43	250.0	0.0	0.0	44	300.0	0.0	0.0	45	350.0	0.0	0.0
46	400.0	0.0	0.0	47	450.0	0.0	0.0	48	500.0	0.0	0.0
49	550.0	0.0	0.0	50	600.0	0.0	0.0	51	650.0	0.0	0.0
52	700.0	0.0	0.0	53	750.0	0.0	0.0	54	800.0	0.0	0.0
55	850.0	0.0	0.0	56	900.0	0.0	0.0	57	950.0	0.0	0.0
58	1000.0	0.0	0.0	59	1050.0	0.0	0.0	60	1100.0	0.0	0.0
61	1150.0	0.0	0.0	62	1200.0	0.0	0.0	63	1250.0	0.0	0.0
64	1300.0	0.0	0.0	65	1350.0	0.0	0.0	66	1400.0	50.0	0.0
67	1400.0	100.0	0.0	68	1400.0	150.0	0.0	69	1400.0	200.0	0.0
70	1400.0	250.0	0.0	71	1400.0	300.0	0.0	72	1400.0	350.0	0.0
73	1350.0	350.0	0.0	74	1350.0	300.0	0.0	75	1350.0	250.0	0.0
76	1350.0	200.0	0.0	77	1350.0	150.0	0.0	78	1350.0	100.0	0.0
79	1350.0	50.0	0.0	80	1300.0	350.0	0.0	81	1300.0	300.0	0.0
82	1300.0	250.0	0.0	83	1300.0	200.0	0.0	84	1300.0	150.0	0.0
85	1300.0	100.0	0.0	86	1300.0	50.0	0.0	87	1250.0	350.0	0.0
88	1250.0	300.0	0.0	89	1250.0	250.0	0.0	90	1250.0	200.0	0.0
91	1250.0	150.0	0.0	92	1250.0	100.0	0.0	93	1250.0	50.0	0.0
94	1200.0	350.0	0.0	95	1200.0	300.0	0.0	96	1200.0	250.0	0.0
97	1200.0	200.0	0.0	98	1200.0	150.0	0.0	99	1200.0	100.0	0.0
100	1200.0	50.0	0.0	101	1150.0	350.0	0.0	102	1150.0	300.0	0.0
103	1150.0	250.0	0.0	104	1150.0	200.0	0.0	105	1150.0	150.0	0.0
106	1150.0	100.0	0.0	107	1150.0	50.0	0.0	108	1100.0	350.0	0.0
109	1100.0	300.0	0.0	110	1100.0	250.0	0.0	111	1100.0	200.0	0.0
112	1100.0	150.0	0.0	113	1100.0	100.0	0.0	114	1100.0	50.0	0.0
115	1050.0	350.0	0.0	116	1050.0	300.0	0.0	117	1050.0	250.0	0.0
118	1050.0	200.0	0.0	119	1050.0	150.0	0.0	120	1050.0	100.0	0.0
121	1050.0	50.0	0.0	122	1000.0	350.0	0.0	123	1000.0	300.0	0.0
124	1000.0	250.0	0.0	125	1000.0	200.0	0.0	126	1000.0	150.0	0.0
127	1000.0	100.0	0.0	128	1000.0	50.0	0.0	129	950.0	350.0	0.0
130	950.0	300.0	0.0	131	950.0	250.0	0.0	132	950.0	200.0	0.0
133	950.0	150.0	0.0	134	950.0	100.0	0.0	135	950.0	50.0	0.0
136	900.0	350.0	0.0	137	900.0	300.0	0.0	138	900.0	250.0	0.0
139	900.0	200.0	0.0	140	900.0	150.0	0.0	141	900.0	100.0	0.0
142	900.0	50.0	0.0	143	850.0	350.0	0.0	144	850.0	300.0	0.0
145	850.0	250.0	0.0	146	850.0	200.0	0.0	147	850.0	150.0	0.0
148	850.0	100.0	0.0	149	850.0	50.0	0.0	150	800.0	350.0	0.0
151	800.0	300.0	0.0	152	800.0	250.0	0.0	153	800.0	200.0	0.0
154	800.0	150.0	0.0	155	800.0	100.0	0.0	156	800.0	50.0	0.0
157	750.0	350.0	0.0	158	750.0	300.0	0.0	159	750.0	250.0	0.0
160	750.0	200.0	0.0	161	750.0	150.0	0.0	162	750.0	100.0	0.0
163	750.0	50.0	0.0	164	700.0	350.0	0.0	165	700.0	300.0	0.0
166	700.0	250.0	0.0	167	700.0	200.0	0.0	168	700.0	150.0	0.0
169	700.0	100.0	0.0	170	700.0	50.0	0.0	171	650.0	350.0	0.0
172	650.0	300.0	0.0	173	650.0	250.0	0.0	174	650.0	200.0	0.0
175	650.0	150.0	0.0	176	650.0	100.0	0.0	177	650.0	50.0	0.0

178	600.0	350.0	0.0	179	600.0	300.0	0.0	180	600.0	250.0	0.0
181	600.0	200.0	0.0	182	600.0	150.0	0.0	183	600.0	100.0	0.0
184	600.0	50.0	0.0	185	550.0	350.0	0.0	186	550.0	300.0	0.0
187	550.0	250.0	0.0	188	550.0	200.0	0.0	189	550.0	150.0	0.0
190	550.0	100.0	0.0	191	550.0	50.0	0.0	192	500.0	350.0	0.0
193	500.0	300.0	0.0	194	500.0	250.0	0.0	195	500.0	200.0	0.0
196	500.0	150.0	0.0	197	500.0	100.0	0.0	198	500.0	50.0	0.0
199	450.0	350.0	0.0	200	450.0	300.0	0.0	201	450.0	250.0	0.0
202	450.0	200.0	0.0	203	450.0	150.0	0.0	204	450.0	100.0	0.0
205	450.0	50.0	0.0	206	400.0	350.0	0.0	207	400.0	300.0	0.0
208	400.0	250.0	0.0	209	400.0	200.0	0.0	210	400.0	150.0	0.0
211	400.0	100.0	0.0	212	400.0	50.0	0.0	213	350.0	350.0	0.0
214	350.0	300.0	0.0	215	350.0	250.0	0.0	216	350.0	200.0	0.0
217	350.0	150.0	0.0	218	350.0	100.0	0.0	219	350.0	50.0	0.0
220	300.0	350.0	0.0	221	300.0	300.0	0.0	222	300.0	250.0	0.0
223	300.0	200.0	0.0	224	300.0	150.0	0.0	225	300.0	100.0	0.0
226	300.0	50.0	0.0	227	250.0	350.0	0.0	228	250.0	300.0	0.0
229	250.0	250.0	0.0	230	250.0	200.0	0.0	231	250.0	150.0	0.0
232	250.0	100.0	0.0	233	250.0	50.0	0.0	234	200.0	350.0	0.0
235	200.0	300.0	0.0	236	200.0	250.0	0.0	237	200.0	200.0	0.0
238	200.0	150.0	0.0	239	200.0	100.0	0.0	240	200.0	50.0	0.0
241	150.0	350.0	0.0	242	150.0	300.0	0.0	243	150.0	250.0	0.0
244	150.0	200.0	0.0	245	150.0	150.0	0.0	246	150.0	100.0	0.0
247	150.0	50.0	0.0	248	100.0	350.0	0.0	249	100.0	300.0	0.0
250	100.0	250.0	0.0	251	100.0	200.0	0.0	252	100.0	150.0	0.0
253	100.0	100.0	0.0	254	100.0	50.0	0.0	255	50.0	350.0	0.0
256	50.0	300.0	0.0	257	50.0	250.0	0.0	258	50.0	200.0	0.0
259	50.0	150.0	0.0	260	50.0	100.0	0.0	261	50.0	50.0	0.0

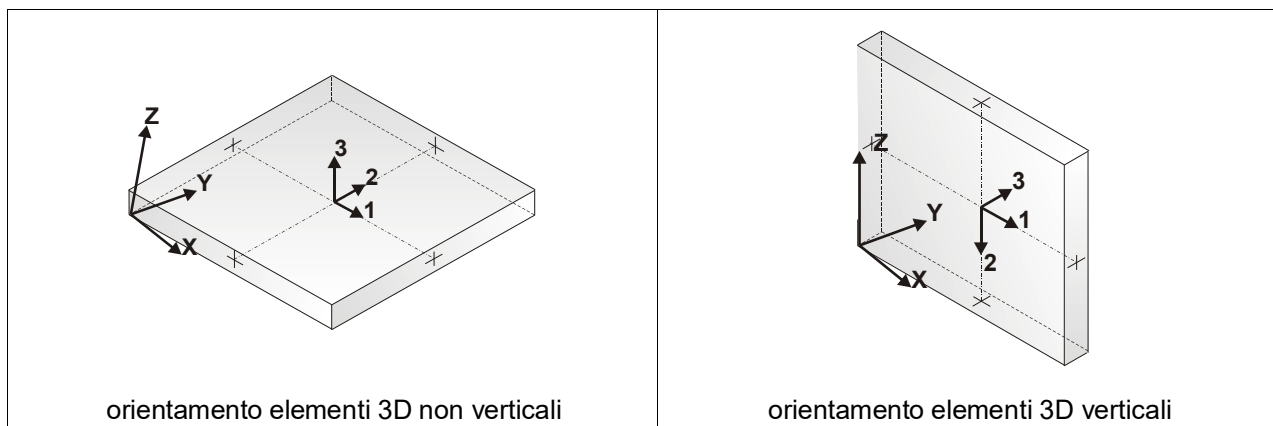
MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI SHELL

LEGENDA TABELLA DATI SHELL

Il programma utilizza per la modellazione elementi a tre o quattro nodi denominati in generale shell.

Ogni elemento shell è individuato dai nodi I, J, K, L (L=I per gli elementi a tre nodi).

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.



In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

Elem.	numero dell'elemento
Note	codice di comportamento: <i>Guscio</i> (elemento guscio in elevazione non verticale) <i>Guscio fond.</i> (elemento guscio su suolo elastico) <i>Setto</i> (elemento guscio in elevazione verticale) <i>Membrana</i> (elemento guscio con comportamento membranale)
Nodo I (J, K, L)	numero del nodo I (J, K, L)
Mat.	codice del materiale assegnato all'elemento

Spessore	spessore dell'elemento (costante)
Wink V	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico verticale
Wink O	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Nodo K	Nodo L	Mat.	Crit.	Spessore cm	Svincolo	Wink V daN/cm3	Wink O daN/cm3
1	Guscio fond.	73	72	4	5	1	2	30.0		2.64	1.13
2	Guscio fond.	74	71	72	73	1	2	30.0		2.52	1.08
3	Guscio fond.	75	70	71	74	1	2	30.0		2.30	0.99
4	Guscio fond.	76	69	70	75	1	2	30.0		2.08	0.89
5	Guscio fond.	77	68	69	76	1	2	30.0		2.08	0.89
6	Guscio fond.	78	67	68	77	1	2	30.0		2.30	0.99
7	Guscio fond.	79	66	67	78	1	2	30.0		2.52	1.08
8	Guscio fond.	65	3	66	79	1	2	30.0		2.64	1.13
9	Guscio fond.	80	73	5	6	1	2	30.0		2.36	1.01
10	Guscio fond.	81	74	73	80	1	2	30.0		1.46	0.63
11	Guscio fond.	82	75	74	81	1	2	30.0		1.33	0.57
12	Guscio fond.	83	76	75	82	1	2	30.0		1.31	0.56
13	Guscio fond.	84	77	76	83	1	2	30.0		1.31	0.56
14	Guscio fond.	85	78	77	84	1	2	30.0		1.33	0.57
15	Guscio fond.	86	79	78	85	1	2	30.0		1.46	0.63
16	Guscio fond.	64	65	79	86	1	2	30.0		2.36	1.01
17	Guscio fond.	87	80	6	7	1	2	30.0		1.94	0.83
18	Guscio fond.	88	81	80	87	1	2	30.0		1.23	0.53
19	Guscio fond.	89	82	81	88	1	2	30.0		1.07	0.46
20	Guscio fond.	90	83	82	89	1	2	30.0		1.01	0.43
21	Guscio fond.	91	84	83	90	1	2	30.0		1.01	0.43
22	Guscio fond.	92	85	84	91	1	2	30.0		1.07	0.46
23	Guscio fond.	93	86	85	92	1	2	30.0		1.23	0.53
24	Guscio fond.	63	64	86	93	1	2	30.0		1.94	0.83
25	Guscio fond.	94	87	7	8	1	2	30.0		1.75	0.75
26	Guscio fond.	95	88	87	94	1	2	30.0		1.08	0.46
27	Guscio fond.	96	89	88	95	1	2	30.0		0.94	0.40
28	Guscio fond.	97	90	89	96	1	2	30.0		0.89	0.38
29	Guscio fond.	98	91	90	97	1	2	30.0		0.89	0.38
30	Guscio fond.	99	92	91	98	1	2	30.0		0.94	0.40
31	Guscio fond.	100	93	92	99	1	2	30.0		1.08	0.46
32	Guscio fond.	62	63	93	100	1	2	30.0		1.75	0.75
33	Guscio fond.	101	94	8	9	1	2	30.0		1.63	0.70
34	Guscio fond.	102	95	94	101	1	2	30.0		1.00	0.43
35	Guscio fond.	103	96	95	102	1	2	30.0		0.87	0.37
36	Guscio fond.	104	97	96	103	1	2	30.0		0.86	0.37
37	Guscio fond.	105	98	97	104	1	2	30.0		0.86	0.37
38	Guscio fond.	106	99	98	105	1	2	30.0		0.87	0.37
39	Guscio fond.	107	100	99	106	1	2	30.0		1.00	0.43
40	Guscio fond.	61	62	100	107	1	2	30.0		1.63	0.70
41	Guscio fond.	108	101	9	10	1	2	30.0		1.45	0.62
42	Guscio fond.	109	102	101	108	1	2	30.0		0.95	0.41
43	Guscio fond.	110	103	102	109	1	2	30.0		0.82	0.35
44	Guscio fond.	111	104	103	110	1	2	30.0		0.80	0.34
45	Guscio fond.	112	105	104	111	1	2	30.0		0.80	0.34
46	Guscio fond.	113	106	105	112	1	2	30.0		0.82	0.35
47	Guscio fond.	114	107	106	113	1	2	30.0		0.95	0.41
48	Guscio fond.	60	61	107	114	1	2	30.0		1.45	0.62
49	Guscio fond.	115	108	10	11	1	2	30.0		1.36	0.58
50	Guscio fond.	116	109	108	115	1	2	30.0		0.90	0.39
51	Guscio fond.	117	110	109	116	1	2	30.0		0.80	0.34
52	Guscio fond.	118	111	110	117	1	2	30.0		0.80	0.34
53	Guscio fond.	119	112	111	118	1	2	30.0		0.80	0.34
54	Guscio fond.	120	113	112	119	1	2	30.0		0.80	0.34
55	Guscio fond.	121	114	113	120	1	2	30.0		0.90	0.39
56	Guscio fond.	59	60	114	121	1	2	30.0		1.36	0.58
57	Guscio fond.	122	115	11	12	1	2	30.0		1.34	0.57
58	Guscio fond.	123	116	115	122	1	2	30.0		0.85	0.37
59	Guscio fond.	124	117	116	123	1	2	30.0		0.80	0.34
60	Guscio fond.	125	118	117	124	1	2	30.0		0.80	0.34
61	Guscio fond.	126	119	118	125	1	2	30.0		0.80	0.34
62	Guscio fond.	127	120	119	126	1	2	30.0		0.80	0.34
63	Guscio fond.	128	121	120	127	1	2	30.0		0.85	0.37
64	Guscio fond.	58	59	121	128	1	2	30.0		1.34	0.57
65	Guscio fond.	129	122	12	13	1	2	30.0		1.32	0.57
66	Guscio fond.	130	123	122	129	1	2	30.0		0.82	0.35

67Guscio fond.	131	124	123	130	1	2	30.0	0.80	0.34
68Guscio fond.	132	125	124	131	1	2	30.0	0.80	0.34
69Guscio fond.	133	126	125	132	1	2	30.0	0.80	0.34
70Guscio fond.	134	127	126	133	1	2	30.0	0.80	0.34
71Guscio fond.	135	128	127	134	1	2	30.0	0.82	0.35
72Guscio fond.	57	58	128	135	1	2	30.0	1.32	0.57
73Guscio fond.	136	129	13	14	1	2	30.0	1.31	0.56
74Guscio fond.	137	130	129	136	1	2	30.0	0.81	0.35
75Guscio fond.	138	131	130	137	1	2	30.0	0.80	0.34
76Guscio fond.	139	132	131	138	1	2	30.0	0.80	0.34
77Guscio fond.	140	133	132	139	1	2	30.0	0.80	0.34
78Guscio fond.	141	134	133	140	1	2	30.0	0.80	0.34
79Guscio fond.	142	135	134	141	1	2	30.0	0.81	0.35
80Guscio fond.	56	57	135	142	1	2	30.0	1.31	0.56
81Guscio fond.	143	136	14	15	1	2	30.0	1.31	0.56
82Guscio fond.	144	137	136	143	1	2	30.0	0.81	0.35
83Guscio fond.	145	138	137	144	1	2	30.0	0.80	0.34
84Guscio fond.	146	139	138	145	1	2	30.0	0.80	0.34
85Guscio fond.	147	140	139	146	1	2	30.0	0.80	0.34
86Guscio fond.	148	141	140	147	1	2	30.0	0.80	0.34
87Guscio fond.	149	142	141	148	1	2	30.0	0.81	0.35
88Guscio fond.	55	56	142	149	1	2	30.0	1.31	0.56
89Guscio fond.	150	143	15	16	1	2	30.0	1.30	0.56
90Guscio fond.	151	144	143	150	1	2	30.0	0.80	0.34
91Guscio fond.	152	145	144	151	1	2	30.0	0.80	0.34
92Guscio fond.	153	146	145	152	1	2	30.0	0.80	0.34
93Guscio fond.	154	147	146	153	1	2	30.0	0.80	0.34
94Guscio fond.	155	148	147	154	1	2	30.0	0.80	0.34
95Guscio fond.	156	149	148	155	1	2	30.0	0.80	0.34
96Guscio fond.	54	55	149	156	1	2	30.0	1.30	0.56
97Guscio fond.	157	150	16	17	1	2	30.0	1.30	0.56
98Guscio fond.	158	151	150	157	1	2	30.0	0.80	0.34
99Guscio fond.	159	152	151	158	1	2	30.0	0.80	0.34
100Guscio fond.	160	153	152	159	1	2	30.0	0.80	0.34
101Guscio fond.	161	154	153	160	1	2	30.0	0.80	0.34
102Guscio fond.	162	155	154	161	1	2	30.0	0.80	0.34
103Guscio fond.	163	156	155	162	1	2	30.0	0.80	0.34
104Guscio fond.	53	54	156	163	1	2	30.0	1.30	0.56
105Guscio fond.	164	157	17	18	1	2	30.0	1.30	0.56
106Guscio fond.	165	158	157	164	1	2	30.0	0.80	0.34
107Guscio fond.	166	159	158	165	1	2	30.0	0.80	0.34
108Guscio fond.	167	160	159	166	1	2	30.0	0.80	0.34
109Guscio fond.	168	161	160	167	1	2	30.0	0.80	0.34
110Guscio fond.	169	162	161	168	1	2	30.0	0.80	0.34
111Guscio fond.	170	163	162	169	1	2	30.0	0.80	0.34
112Guscio fond.	52	53	163	170	1	2	30.0	1.30	0.56
113Guscio fond.	171	164	18	19	1	2	30.0	1.30	0.56
114Guscio fond.	172	165	164	171	1	2	30.0	0.80	0.34
115Guscio fond.	173	166	165	172	1	2	30.0	0.80	0.34
116Guscio fond.	174	167	166	173	1	2	30.0	0.80	0.34
117Guscio fond.	175	168	167	174	1	2	30.0	0.80	0.34
118Guscio fond.	176	169	168	175	1	2	30.0	0.80	0.34
119Guscio fond.	177	170	169	176	1	2	30.0	0.80	0.34
120Guscio fond.	51	52	170	177	1	2	30.0	1.30	0.56
121Guscio fond.	178	171	19	20	1	2	30.0	1.30	0.56
122Guscio fond.	179	172	171	178	1	2	30.0	0.80	0.34
123Guscio fond.	180	173	172	179	1	2	30.0	0.80	0.34
124Guscio fond.	181	174	173	180	1	2	30.0	0.80	0.34
125Guscio fond.	182	175	174	181	1	2	30.0	0.80	0.34
126Guscio fond.	183	176	175	182	1	2	30.0	0.80	0.34
127Guscio fond.	184	177	176	183	1	2	30.0	0.80	0.34
128Guscio fond.	50	51	177	184	1	2	30.0	1.30	0.56
129Guscio fond.	185	178	20	21	1	2	30.0	1.30	0.56
130Guscio fond.	186	179	178	185	1	2	30.0	0.80	0.34
131Guscio fond.	187	180	179	186	1	2	30.0	0.80	0.34
132Guscio fond.	188	181	180	187	1	2	30.0	0.80	0.34
133Guscio fond.	189	182	181	188	1	2	30.0	0.80	0.34
134Guscio fond.	190	183	182	189	1	2	30.0	0.80	0.34
135Guscio fond.	191	184	183	190	1	2	30.0	0.80	0.34
136Guscio fond.	49	50	184	191	1	2	30.0	1.30	0.56
137Guscio fond.	192	185	21	22	1	2	30.0	1.31	0.56
138Guscio fond.	193	186	185	192	1	2	30.0	0.81	0.35
139Guscio fond.	194	187	186	193	1	2	30.0	0.80	0.34
140Guscio fond.	195	188	187	194	1	2	30.0	0.80	0.34
141Guscio fond.	196	189	188	195	1	2	30.0	0.80	0.34
142Guscio fond.	197	190	189	196	1	2	30.0	0.80	0.34
143Guscio fond.	198	191	190	197	1	2	30.0	0.81	0.35

144	Guscio fond.	48	49	191	198	1	2	30.0	1.31	0.56
145	Guscio fond.	199	192	22	23	1	2	30.0	1.31	0.56
146	Guscio fond.	200	193	192	199	1	2	30.0	0.81	0.35
147	Guscio fond.	201	194	193	200	1	2	30.0	0.80	0.34
148	Guscio fond.	202	195	194	201	1	2	30.0	0.80	0.34
149	Guscio fond.	203	196	195	202	1	2	30.0	0.80	0.34
150	Guscio fond.	204	197	196	203	1	2	30.0	0.80	0.34
151	Guscio fond.	205	198	197	204	1	2	30.0	0.81	0.35
152	Guscio fond.	47	48	198	205	1	2	30.0	1.31	0.56
153	Guscio fond.	206	199	23	24	1	2	30.0	1.32	0.57
154	Guscio fond.	207	200	199	206	1	2	30.0	0.82	0.35
155	Guscio fond.	208	201	200	207	1	2	30.0	0.80	0.34
156	Guscio fond.	209	202	201	208	1	2	30.0	0.80	0.34
157	Guscio fond.	210	203	202	209	1	2	30.0	0.80	0.34
158	Guscio fond.	211	204	203	210	1	2	30.0	0.80	0.34
159	Guscio fond.	212	205	204	211	1	2	30.0	0.82	0.35
160	Guscio fond.	46	47	205	212	1	2	30.0	1.32	0.57
161	Guscio fond.	213	206	24	25	1	2	30.0	1.34	0.57
162	Guscio fond.	214	207	206	213	1	2	30.0	0.85	0.37
163	Guscio fond.	215	208	207	214	1	2	30.0	0.80	0.34
164	Guscio fond.	216	209	208	215	1	2	30.0	0.80	0.34
165	Guscio fond.	217	210	209	216	1	2	30.0	0.80	0.34
166	Guscio fond.	218	211	210	217	1	2	30.0	0.80	0.34
167	Guscio fond.	219	212	211	218	1	2	30.0	0.85	0.37
168	Guscio fond.	45	46	212	219	1	2	30.0	1.34	0.57
169	Guscio fond.	220	213	25	26	1	2	30.0	1.36	0.58
170	Guscio fond.	221	214	213	220	1	2	30.0	0.90	0.39
171	Guscio fond.	222	215	214	221	1	2	30.0	0.80	0.34
172	Guscio fond.	223	216	215	222	1	2	30.0	0.80	0.34
173	Guscio fond.	224	217	216	223	1	2	30.0	0.80	0.34
174	Guscio fond.	225	218	217	224	1	2	30.0	0.80	0.34
175	Guscio fond.	226	219	218	225	1	2	30.0	0.90	0.39
176	Guscio fond.	44	45	219	226	1	2	30.0	1.36	0.58
177	Guscio fond.	227	220	26	27	1	2	30.0	1.45	0.62
178	Guscio fond.	228	221	220	227	1	2	30.0	0.95	0.41
179	Guscio fond.	229	222	221	228	1	2	30.0	0.82	0.35
180	Guscio fond.	230	223	222	229	1	2	30.0	0.80	0.34
181	Guscio fond.	231	224	223	230	1	2	30.0	0.80	0.34
182	Guscio fond.	232	225	224	231	1	2	30.0	0.82	0.35
183	Guscio fond.	233	226	225	232	1	2	30.0	0.95	0.41
184	Guscio fond.	43	44	226	233	1	2	30.0	1.45	0.62
185	Guscio fond.	234	227	27	28	1	2	30.0	1.63	0.70
186	Guscio fond.	235	228	227	234	1	2	30.0	1.00	0.43
187	Guscio fond.	236	229	228	235	1	2	30.0	0.87	0.37
188	Guscio fond.	237	230	229	236	1	2	30.0	0.86	0.37
189	Guscio fond.	238	231	230	237	1	2	30.0	0.86	0.37
190	Guscio fond.	239	232	231	238	1	2	30.0	0.87	0.37
191	Guscio fond.	240	233	232	239	1	2	30.0	1.00	0.43
192	Guscio fond.	42	43	233	240	1	2	30.0	1.63	0.70
193	Guscio fond.	241	234	28	29	1	2	30.0	1.75	0.75
194	Guscio fond.	242	235	234	241	1	2	30.0	1.08	0.46
195	Guscio fond.	243	236	235	242	1	2	30.0	0.94	0.40
196	Guscio fond.	244	237	236	243	1	2	30.0	0.89	0.38
197	Guscio fond.	245	238	237	244	1	2	30.0	0.89	0.38
198	Guscio fond.	246	239	238	245	1	2	30.0	0.94	0.40
199	Guscio fond.	247	240	239	246	1	2	30.0	1.08	0.46
200	Guscio fond.	41	42	240	247	1	2	30.0	1.75	0.75
201	Guscio fond.	248	241	29	30	1	2	30.0	1.94	0.83
202	Guscio fond.	249	242	241	248	1	2	30.0	1.23	0.53
203	Guscio fond.	250	243	242	249	1	2	30.0	1.07	0.46
204	Guscio fond.	251	244	243	250	1	2	30.0	1.01	0.43
205	Guscio fond.	252	245	244	251	1	2	30.0	1.01	0.43
206	Guscio fond.	253	246	245	252	1	2	30.0	1.07	0.46
207	Guscio fond.	254	247	246	253	1	2	30.0	1.23	0.53
208	Guscio fond.	40	41	247	254	1	2	30.0	1.94	0.83
209	Guscio fond.	255	248	30	31	1	2	30.0	2.36	1.01
210	Guscio fond.	256	249	248	255	1	2	30.0	1.46	0.63
211	Guscio fond.	257	250	249	256	1	2	30.0	1.33	0.57
212	Guscio fond.	258	251	250	257	1	2	30.0	1.31	0.56
213	Guscio fond.	259	252	251	258	1	2	30.0	1.31	0.56
214	Guscio fond.	260	253	252	259	1	2	30.0	1.33	0.57
215	Guscio fond.	261	254	253	260	1	2	30.0	1.46	0.63
216	Guscio fond.	39	40	254	261	1	2	30.0	2.36	1.01
217	Guscio fond.	32	255	31	2	1	2	30.0	2.64	1.13
218	Guscio fond.	33	256	255	32	1	2	30.0	2.52	1.08
219	Guscio fond.	34	257	256	33	1	2	30.0	2.30	0.99
220	Guscio fond.	35	258	257	34	1	2	30.0	2.08	0.89

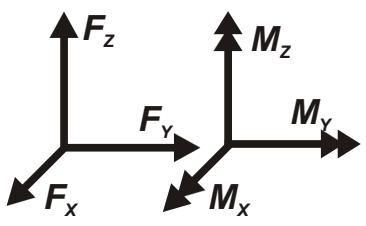
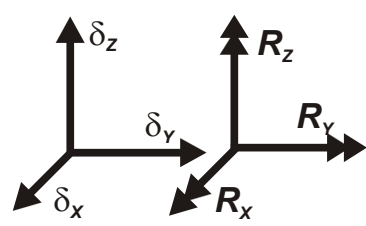
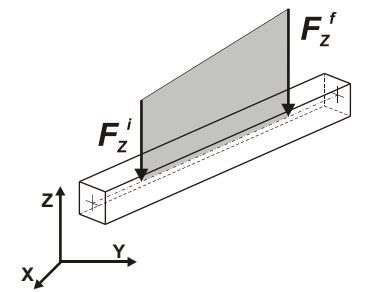
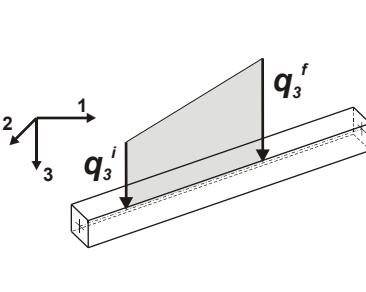
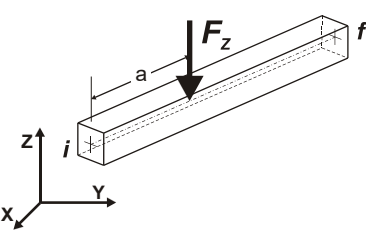
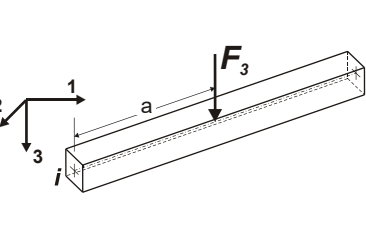
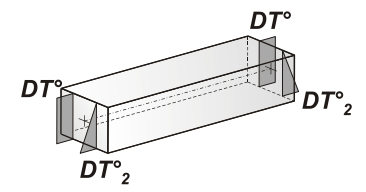
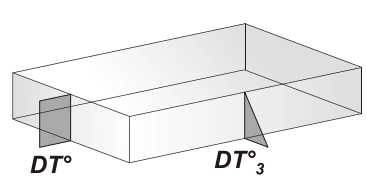
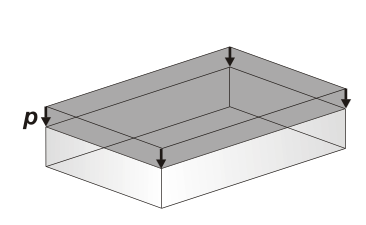
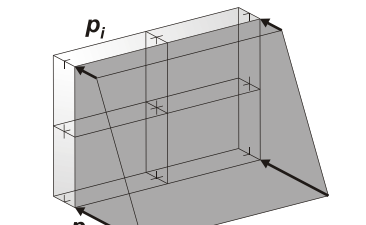
221Guscio fond.	36	259	258	35	1	2	30.0	2.08	0.89
222Guscio fond.	37	260	259	36	1	2	30.0	2.30	0.99
223Guscio fond.	38	261	260	37	1	2	30.0	2.52	1.08
224Guscio fond.	1	39	261	38	1	2	30.0	2.64	1.13

MODELLAZIONE DELLE AZIONI

LEGENDA TABELLA DATI AZIONI

Il programma consente l'uso di diverse tipologie di carico (azioni). Le azioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni azione applicata alla struttura viene di riportato il codice, il tipo e la sigla identificativa. Le tabelle successive dettagliano i valori caratteristici di ogni azione in relazione al tipo. Le tabelle riportano infatti i seguenti dati in relazione al tipo:

1	carico concentrato nodale 6 dati (forza Fx, Fy, Fz, momento Mx, My, Mz)
2	spostamento nodale impresso 6 dati (spostamento Tx, Ty, Tz, rotazione Rx, Ry, Rz)
3	carico distribuito globale su elemento tipo trave 7 dati (fx,fy,fz,mx,my,mz,ascissa di inizio carico) 7 dati (fx,fy,fz,mx,my,mz,ascissa di fine carico)
4	carico distribuito locale su elemento tipo trave 7 dati (f1,f2,f3,m1,m2,m3,ascissa di inizio carico) 7 dati (f1,f2,f3,m1,m2,m3,ascissa di fine carico)
5	carico concentrato globale su elemento tipo trave 7 dati (Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz,ascissa di carico)
6	carico concentrato locale su elemento tipo trave 7 dati (F1, F2, F3, M1, M2, M3, ascissa di carico)
7	variazione termica applicata ad elemento tipo trave 7 dati (variazioni termiche: uniforme, media e differenza in altezza e larghezza al nodo iniziale e finale)
8	carico di pressione uniforme su elemento tipo piastra 1 dato (pressione)
9	carico di pressione variabile su elemento tipo piastra 4 dati (pressione, quota, pressione, quota)
10	variazione termica applicata ad elemento tipo piastra 2 dati (variazioni termiche: media e differenza nello spessore)
11	carico variabile generale su elementi tipo trave e piastra 1 dato descrizione della tipologia 4 dati per segmento (posizione, valore, posizione, valore) la tipologia precisa l'ascissa di definizione, la direzione del carico, la modalità di carico e la larghezza d'influenza per gli elementi tipo trave
12	gruppo di carichi con impronta su piastra 9 dati (numero di ripetizioni in direzione X e Y, valore di ciascun carico, posizione centrale del primo, dimensioni dell' impronta, interasse tra i carichi)

 Carico concentrato nodale	 Spostamento impresso
 Carico distribuito globale	 Carico distribuito locale
 Carico concentrato globale	 Carico concentrato locale
 Carico termico 2D	 Carico termico 3D
 Carico pressione uniforme	 Carico pressione variabile

SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	Sigla	Tipo	Descrizione
1	Ggk	A	caso di carico compressivo del peso proprio struttura
2	Gk	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	NA	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	A	caso di carico compressivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	A	caso di carico compressivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	A	caso di carico compressivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	SA	caso di carico compressivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	NA	caso di carico compressivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente

10	Edk	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Etk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	Pk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:

7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;

9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso:

Numero Tipo e Sigla identificativa, Valore di riferimento del caso di carico (se previsto).

In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati con la sigla identificativa del carico.

Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per i caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello (si confronti il valore Sksol nel capitolo relativo agli elementi solaio) e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Ubicazione:

Località	FINALE EMILIA
Provincia	MODENA
Regione	EMILIA-ROMAGNA
Latitudine	44,83300 N
Longitudine	11,29400 E
Altitudine s.l.m.	559,0 m

CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Cap. 3 - AZIONI SULLE COSTRUZIONI - Par. 3.3 e 3.4

Circolare n.7 - 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP.

NEVE

Il carico della neve sulle coperture è calcolato in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

qsk: valore caratteristico del carico della neve al suolo (per Tr = 50 anni);

Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk
------	-------------	----	----	----	-----

I Mediterranea	Zona normale	1,00	50 anni	559 m	251,40
----------------	--------------	------	---------	-------	--------

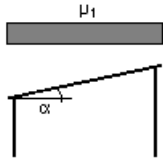
Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 0,0^\circ$

- Copertura piana $W = 2.5 \text{ m}$, $L = 6.0 \text{ m} \Rightarrow L_c = 4.0$, $C_{ef} = 1.000$

$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 201 \text{ daN/mq}$

Schema di carico:



VENTO

La velocità del vento è calcolata in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);

$V_{b,0}$: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

a_0 : altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

k_s : parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);

a_s : altitudine del sito;

T_R : periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

V_b : velocità di riferimento calcolata come segue:

$V_b = V_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$

$V_b = V_{b,0} (1 + k_s ((a_s / a_0) - 1))$ per $a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$

per $a_s > 1500 \text{ m}$ vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate

Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per $a_s = 1500 \text{ m}$

C_r : coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno T_R

V_r : velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno T_R

Zona	$V_{b,0}$	a_0	k_s	a_s	T_R	V_b	C_r	V_r
2	25 m/s	750 m	0,45	559 m	50 anni	25,00 m/s	1,000	25,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento, $q_r = \rho V_r^2 / 2 = 39 \text{ daN/mq}$

dove: ρ è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = $1,25 \text{ kg/mc}$)

Esposizione: Cat. III - Entroterra fino a 750 m di altitudine

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

K_r	z_0	z_{min}
0,20	0,10 m	5 m

Classe di rugosità del terreno: D (NTC - Tab. 3.3.III)

Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,..)

L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:

C_p : coefficiente di pressione;

C_d : coefficiente dinamico;

C_t : coefficiente di topografia;

C_e : coefficiente di esposizione (funzione di z , z_0 e C_t);

z : altezza sul suolo.

C_p	C_d	C_t	C_e	z
1,00	1,00	1,00	1,71	3,20 m

Pressione del vento

$p = q_r C_e C_p C_d = 67 \text{ daN/mq}$

TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA

Le temperature esterne, T_{max} (massima estiva) e T_{min} (minima invernale), sono calcolate secondo le seguenti

espressioni riferite alla zona climatica:

T min = -15 - 4 as / 1000 (NTC 3.5.1)

T max = 42 - 6 as / 1000 (NTC 3.5.2)

dove as è l'altitudine di riferimento

Zona	as	T min	T max
I	559 m	-17,24 °C	38,65 °C

CDC	Tipo	Sigla Id	Note	Per non automatici:
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)		
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)		
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)		
4	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)		
5	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
			partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
			partecipazione:1.00 per 3 CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
			partecipazione:1.00 per 4 CDC=Qsk (variabile solai)	
6	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
7	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico	
8	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
9	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	come precedente CDC sismico	
10	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
11	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico	
12	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico	

DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) 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.

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: Numero, Tipo, Sigla identificativa. Una seconda tabella riporta il peso nella combinazione assunto per ogni caso di carico.

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

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

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

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

$$G1 + G2 + Ad + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.1

Destinazione d'uso/azione	$\psi 0$	$\psi 1$	$\psi 2$
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30

<i>Categoria C ambienti suscettibili di affollamento</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria D ambienti ad uso commerciale</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria E biblioteche, archivi, magazzini, ...</i>	1,00	0,90	0,80
<i>Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli ≤ 30kN)</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30kN)</i>	0,70	0,50	0,30
<i>Categoria H Coperture</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Vento</i>	0,60	0,20	0,00
<i>Neve a quota ≤ 1000 m</i>	0,50	0,20	0,00
<i>Neve a quota > 1000 m</i>	0,70	0,50	0,20
<i>Variazioni Termiche</i>	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.I

		Coefficiente γ_f	EQU	A1	A2
<i>Carichi permanenti</i>	<i>Favorevoli</i>	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	<i>Sfavorevoli</i>		1,1	1,3	1,0
<i>Carichi permanenti non strutturali</i> (Non compiutamente definiti)	<i>Favorevoli</i>	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	<i>Sfavorevoli</i>		1,5	1,5	1,3
<i>Carichi variabili</i>	<i>Favorevoli</i>	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	<i>Sfavorevoli</i>		1,5	1,5	1,3

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 5	
6	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6	
7	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7	
8	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8	
9	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 9	
10	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 10	
11	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 11	
12	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 12	
13	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 13	
14	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 14	
15	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 15	
16	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16	
17	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17	
18	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18	
19	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19	
20	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20	
21	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21	
22	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22	
23	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23	
24	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24	
25	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25	
26	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26	
27	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27	
28	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28	
29	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 29	
30	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 30	
31	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 31	
32	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 32	

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
33	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 33	
34	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 34	
35	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 35	
36	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 36	
37	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 37	
38	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 38	
39	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 39	
40	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 40	
41	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 41	
42	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 42	
43	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 43	
44	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 44	
45	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 45	
46	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 46	
47	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 47	
48	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 48	
49	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 49	
50	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 50	
51	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 51	
52	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 52	
53	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 53	
54	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 54	
55	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 55	
56	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 56	
57	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 57	
58	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 58	
59	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 59	
60	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 60	
61	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 61	
62	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 62	
63	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 63	
64	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 64	
65	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 65	
66	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 66	
67	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 67	
68	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 68	
69	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 69	
70	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 70	
71	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 71	
72	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 72	
73	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 73	
74	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 74	

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.30	1.30	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
2	1.30	1.30	1.50	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
3	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
4	1.00	1.00	0.80	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
5	1.00	1.00	1.00	0.30	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
6	1.00	1.00	1.00	0.30	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
7	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
8	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
9	1.00	1.00	1.00	0.30	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0		
10	1.00	1.00	1.00	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0		
11	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0		
12	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0		
13	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
14	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
15	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
16	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
17	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0		
18	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0		
19	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0		
20	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0		
21	1.00	1.00	1.00	0.30	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
22	1.00	1.00	1.00	0.30	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
23	1.00	1.00	1.00	0.30	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
24	1.00	1.00	1.00	0.30	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
25	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
26	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
27	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
28	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
29	1.00	1.00	1.00	0.30	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0		
30	1.00	1.00	1.00	0.30	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0		
31	1.00	1.00	1.00	0.30	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0		
32	1.00	1.00	1.00	0.30	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0		
33	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0		
34	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0		
35	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0		
36	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0		
37	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0		
38	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0		
39	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0		
40	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0		
41	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30		
42	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30		
43	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30		
44	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30		
45	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0		
46	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0		
47	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0		
48	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0		
49	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30		
50	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30		
51	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30		
52	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30		
53	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0		
54	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0		
55	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0		
56	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0		
57	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0		
58	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0		
59	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0		
60	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0		
61	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00		
62	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00		
63	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00		
64	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00		
65	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00		
66	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00		
67	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00		
68	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00		
69	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
70	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
71	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
72	1.00	1.00	1.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
73	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
74	1.00	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

AZIONE SISMICA

VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell' allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

L' azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

ag: accelerazione orizzontale massima del terreno;

Fo: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T*c: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Parametri della struttura

Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
IV	100.0	2.0	200.0	C	T1

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \cdot S_t$ (3.2.3)

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale

F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale

T_b è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.

T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.

T_d è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico, S_e, è definito dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Dove per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1; mentre per le categorie di sottosuolo B, C, D, E i coefficienti S_s e C_c vengono calcolati mediante le espressioni riportate nella seguente Tabella

Categoria sottosuolo	S _s	C _c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente Tabella

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S _T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico, S_{ve}, è definito dalle espressioni:

$$\begin{aligned}
0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
\end{aligned}$$

I valori di S_s , T_B , T_C e T_D , sono riportati nella seguente Tabella

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
			Km
Loc.	11.294	44.833	
15397	11.236	44.814	5.160
15398	11.307	44.815	2.311
15176	11.305	44.865	3.548
15175	11.234	44.864	5.864

SL	Pver	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	120.4	0.079	2.575	0.265
SLD	63.0	201.2	0.102	2.583	0.270
SLV	10.0	1898.2	0.260	2.468	0.287
SLC	5.0	2475.0	0.288	2.440	0.290

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.079	1.500	2.575	0.979	0.144	0.431	1.917
SLD	0.102	1.500	2.583	1.113	0.146	0.437	2.008
SLV	0.260	1.315	2.468	1.698	0.152	0.455	2.639
SLC	0.288	1.279	2.440	1.767	0.153	0.458	2.751

Modo	Frequenza	Periodo	X M efficace x g	%	Y M efficace x g	%	Z M efficace x g	%	RZ M efficace x g	%
	1/sec	sec	daN		daN		daN		daN cm2	
1	16.66	0.06	0.0	0	2.228e+04	94	0.0	0	0.0	0
2	17.04	0.06	2.345e+04	99	0.0	0	0.0	0	0.0	0
3	20.78	0.05	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.359e+05	98
4	21.15	0.05	0.0	0	1166.2	4	0.0	0	0.0	0
5	22.07	0.05	0.0	0	0.0	0	2.010e+04	85	0.0	0
6	25.99	0.04	6.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0

RISULTATI ANALISI SISMICHE

LEGENDA TABELLA ANALISI SISMICHE

Il programma consente l'analisi di diverse configurazioni sismiche.

Sono previsti, infatti, i seguenti casi di carico:

9. Esk caso di carico sismico con analisi statica equivalente

10. Edk caso di carico sismico con analisi dinamica

Ciascun caso di carico è caratterizzato da un angolo di ingresso e da una configurazione di masse determinante la

forza sismica complessiva (si rimanda al capitolo relativo ai casi di carico per chiarimenti inerenti questo aspetto).

Nella colonna Note, in funzione della norma in uso sono riportati i parametri fondamentali che caratterizzano l'azione sismica: in particolare possono essere presenti i seguenti valori:

Angolo di ingresso	di	Angolo di ingresso dell'azione sismica orizzontale
Fattore di importanza	di	Fattore di importanza dell'edificio, in base alla categoria di appartenenza
Zona sismica		Zona sismica
Accelerazione ag		Accelerazione orizzontale massima sul suolo
Categoria suolo		Categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione
Fattore q		Fattore di struttura/di comportamento. Dipendente dalla tipologia strutturale
Amplificazione ND		Coefficiente di amplificazione q/q_{ND} delle azioni sismiche (solo per elementi progettati in campo non dissipativo)
Fattore di sito S		Fattore dipendente dalla stratigrafia e dal profilo topografico
Classe di duttilità CD		Classe di duttilità della struttura – "A" duttilità alta, "B" duttilità bassa
Fattore SLD	riduz.	Fattore di riduzione dello spettro elastico per lo stato limite di danno
Periodo T1	proprio	Periodo proprio di vibrazione della struttura
Coefficiente Lambda		Coefficiente dipendente dal periodo proprio T1 e dal numero di piani della struttura
Ordinata Sd(T1)	spettro	Valore delle ordinate dello spettro di progetto per lo stato limite ultimo, componente orizzontale (verticale Svd)
Ordinata Se(T1)	spettro	Valore delle ordinate dello spettro elastico ridotta del fattore SLD per lo stato limite di danno, componente orizzontale (verticale Sve)
Ordinata S (Tb-Tc)	spettro	Valore dell'ordinata dello spettro in uso nel tratto costante
N° di modi considerati	modi	Numero di modi di vibrare della struttura considerati nell'analisi dinamica

Nel caso di elementi progettati in campo non dissipativo vengono adottate le sollecitazioni calcolate con un fattore q_{ND} ricavato come da 7.3.2 in funzione del fattore di comportamento q utilizzato per la struttura: $1 < q_{ND} = 2/3 * q < 1.5$

Il coefficiente di amplificazione delle azioni sismiche rispetto alle azioni calcolate con il fattore di comportamento globale viene indicato nelle relative tabelle.

Per ciascun caso di carico sismico viene riportato l'insieme di dati sotto riportati (le masse sono espresse in unità di forza):

- a) analisi sismica statica equivalente:
 - quota, posizione del centro di applicazione e azione orizzontale risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto r/L_s (per strutture a nucleo), indici di regolarità e/r secondo EC8 4.2.3.2
 - azione sismica complessiva
- b) analisi sismica dinamica con spettro di risposta:
 - quota, posizione del centro di massa e massa risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto r/L_s (per strutture a nucleo), indici di regolarità e/r secondo EC8 4.2.3.2
 - frequenza, periodo, accelerazione spettrale, massa eccitata nelle tre direzioni globali per tutti i modi
 - massa complessiva ed aliquota di massa complessiva eccitata.

Per ciascuna combinazione sismica definita SLD o SLO viene riportato il livello di deformazione η_T (dr) degli elementi strutturali verticali. Per semplicità di consultazione il livello è espresso anche in unità $1000 * \eta_T/h$ da

confrontare direttamente con i valori forniti nella norma (es. 5 per tamponature fragili, 7.5 per tamponature duttili, 10.0 per edifici con tamponamenti collegati elasticamente, 2 per edifici in muratura ordinaria, 3 per edifici in muratura armata, 2.5 per edifici in muratura confinata).

Note:

- I valori riportati sono già amplificati per un eventuale fattore q_{SLD}
- Per SLO i valori devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti sopra citati

Per gli edifici sismicamente isolati si riportano di seguito le verifiche condotte sui dispositivi di isolamento. Le verifiche sono effettuate secondo la circolare n.7/2019 del C.S.LL.PP nelle combinazioni in SLC come previsto dal DM 17-01-2018. Per ogni combinazione è riportato il codice di verifica ed i valori utilizzati per la verifica: spostamento dE , area ridotta e dimensione $A2$, azione verticale, deformazioni di taglio dell'elastomero e tensioni nell'acciaio.

In particolare la tabella, per ogni combinazione di calcolo, riporta:

Nodo	Nodo di appoggio dell' isolatore
Cmb	Combinazione oggetto della verifica
Verif.	Codice di verifica ok – verifica positiva , NV – verifica negativa, ND – verifica non completata
dE	Spostamento relativo tra le due facce combinato con la regola del 30%
Ang fi	Angolo utilizzato per il calcolo dell' area ridotta A_r (per dispositivi circolari)
V	Azione verticale agente
A_r	Area ridotta efficace
Dim A2	Dimensione utile per il calcolo della deformazione per rotazione
Sig s	Tensione nell' inserto in acciaio
Gam c(a,s,t)	Deformazioni di taglio dell' elastomero
V_{cr}	Carico critico per instabilità

Affinché la verifica sia positiva deve essere:

- 1) $V > 0$
- 2) $Sig\ s < f_{yk}$
- 3) $Gam\ t < 5$
- 4) $Gam\ s < Gam\ * (caratteristica\ dell'\ elastomero)$
- 5) $Gam\ s < 2$
- 6) $V < 0.5\ V_{cr}$

Calcolo dei fattori di comportamento secondo il D.M. 17/01/2018

Caratteristiche costruzione	
Tipologia	Nuova
Regolarità pianta	SI
Regolarità altezza	SI
Classe di duttilità	ND
Sistema costruttivo	Calcestruzzo
Tipologia strutturale	Altre tipologie

Parametri	
q_0	1.500
K_R	1.0
$q_D = q_0 \cdot K_R$	1.500
$q_{ND} = 2/3 \cdot q_D$	1.000 (≤ 1.5)

Fattori di comportamento		
	Dissipativi	Non dissipativi
$q_{SLU\ x}$	1.500	1.000
$q_{SLU\ y}$	1.500	1.000
$q_{SLU\ z}$	1.500	1.500

[illegible]

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
8	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.315
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.843 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.072 s
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.579

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
20.00	1.351e+04	1.351e+04	2.324e+04	700.00	200.00	-60.00	0.0	700.00	200.00	0.640	0.0	0.0
0.0	74.41	1.358e+04	213.36	700.00	200.00	-60.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	1.358e+04		2.345e+04									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
9	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.395 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.070 s
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.269

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
20.00	6271.15	6271.15	2.324e+04	700.00	200.00	0.0	-15.00	700.00	200.00	0.640	0.0	0.0
0.0	34.54	6305.69	213.36	700.00	200.00	0.0	-15.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	6305.69		2.345e+04									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
10	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.395 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.070 s
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.269

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
20.00	6271.15	6271.15	2.324e+04	700.00	200.00	0.0	15.00	700.00	200.00	0.640	0.0	0.0
0.0	34.54	6305.69	213.36	700.00	200.00	0.0	15.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	6305.69		2.345e+04									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
11	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.395 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			periodo proprio T1: 0.072 s
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.272

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
20.00	6348.46	6348.46	2.324e+04	700.00	200.00	60.00	0.0	700.00	200.00	0.640	0.0	0.0
0.0	34.97	6383.43	213.36	700.00	200.00	60.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	6383.43		2.345e+04									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
12	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.395 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.072 s
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.272

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
20.00	6348.46	6348.46	2.324e+04	700.00	200.00	-60.00	0.0	700.00	200.00	0.640	0.0	0.0
0.0	34.97	6383.43	213.36	700.00	200.00	-60.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	6383.43		2.345e+04									

RISULTATI NODALI

LEGENDA RISULTATI NODALI

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne i nodi strutturali, è possibile in relazione alle tabelle sottoriportate.

Una prima tabella riporta infatti per ogni nodo e per ogni combinazione (o caso di carico) gli spostamenti nodali.

Una seconda tabella riporta per ogni nodo a cui sia associato un vincolo rigido e/o elastico o una fondazione speciale e per ogni combinazione (o caso di carico) i valori delle azioni esercitate dalla struttura sui vincoli (reazioni vincolari cambiate di segno).

Una terza tabella, infine riassume per ogni nodo le sei combinazioni in cui si attingono i valori minimi e massimi della reazione Fz, della reazione Mx e della reazione My.

Nodo	Cmb	Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
		cm	cm	cm			
1	2	-3.96e-04	5.46e-05	-0.06	1.38e-05	3.93e-04	0.0
1	5	-0.05	-9.24e-03	-0.05	1.16e-05	2.59e-04	0.0
1	29	-0.01	-0.06	-0.05	2.87e-05	2.66e-04	0.0
1	36	0.01	0.06	-0.04	-1.95e-05	2.54e-04	0.0
1	37	-0.02	-4.33e-03	-0.05	7.75e-06	2.59e-04	0.0
1	61	-6.48e-03	-0.03	-0.05	1.58e-05	2.63e-04	0.0
1	68	5.77e-03	0.03	-0.04	-6.85e-06	2.58e-04	0.0
1	70	-2.94e-04	3.98e-05	-0.05	9.06e-06	2.92e-04	0.0
...							
261	74	-2.51e-04	2.03e-05	-0.06	5.92e-06	2.58e-04	0.0
Nodo		Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
		-0.05	-0.06	-0.21	-7.22e-05	-3.93e-04	-1.50e-05
		0.05	0.06	-0.04	7.22e-05	3.93e-04	1.50e-05

RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE

LEGENDA RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne le opere di fondazione, è possibile in relazione alle tabelle sotto riportate.

La prima tabella è riferita alle fondazioni tipo palo e plinto su pali.

Per questo tipo di fondazione vengono riportate le sei componenti di sollecitazione (esprese nel riferimento globale della struttura) per ogni palo componente l'opera.

In particolare viene riportato:

Nodo	numero del nodo a cui è applicato il plinto
Tipo	codice corrispondente al nome assegnato al tipo di plinto di fondazione: 3) palo singolo (<i>PALO</i>) 4) plinto su palo 5) plinto su due pali (<i>PL.2P</i>) 6) plinto su tre pali (<i>PL.3P</i>) 7) plinto su quattro pali (<i>PL.4P</i>) 8) plinto rettangolare su cinque pali (<i>PL.5P.R</i>) 9) plinto pentagonale su cinque pali (<i>PL.5P</i>) 10) plinto su sei pali (<i>PL.6P</i>)
Palo	numero del palo
Comb.	combinazione di carico in cui si verificano le sei componenti di sollecitazione.
Quota	quota assoluta della sezione del palo per cui si riportano le sei componenti di sollecitazione.

L'azione F_z (corrispondente allo sforzo normale nel palo) è costante poiché il peso del palo stesso non è considerato nella modellazione.

La seconda tabella è riferita alle fondazioni tipo plinto su suolo elastico.

Per questo tipo di fondazione vengono riportate le pressioni nei quattro vertici dell'impronta sul terreno.

In particolare viene riportato:

Nodo	numero del nodo a cui è applicato il plinto
Tipo	Codice identificativo del nome assegnato al plinto
area	area dell'impronta del plinto
Wink O Wink V	coefficienti di Winkler (orizzontale e verticale) adottati
Comb	Combinazione di carico in cui si verificano i valori riportati
Pt (P1 P2 P3 P4)	valori di pressione nei vertici

La terza tabella è riferita alle fondazioni tipo platea su suolo elastico.

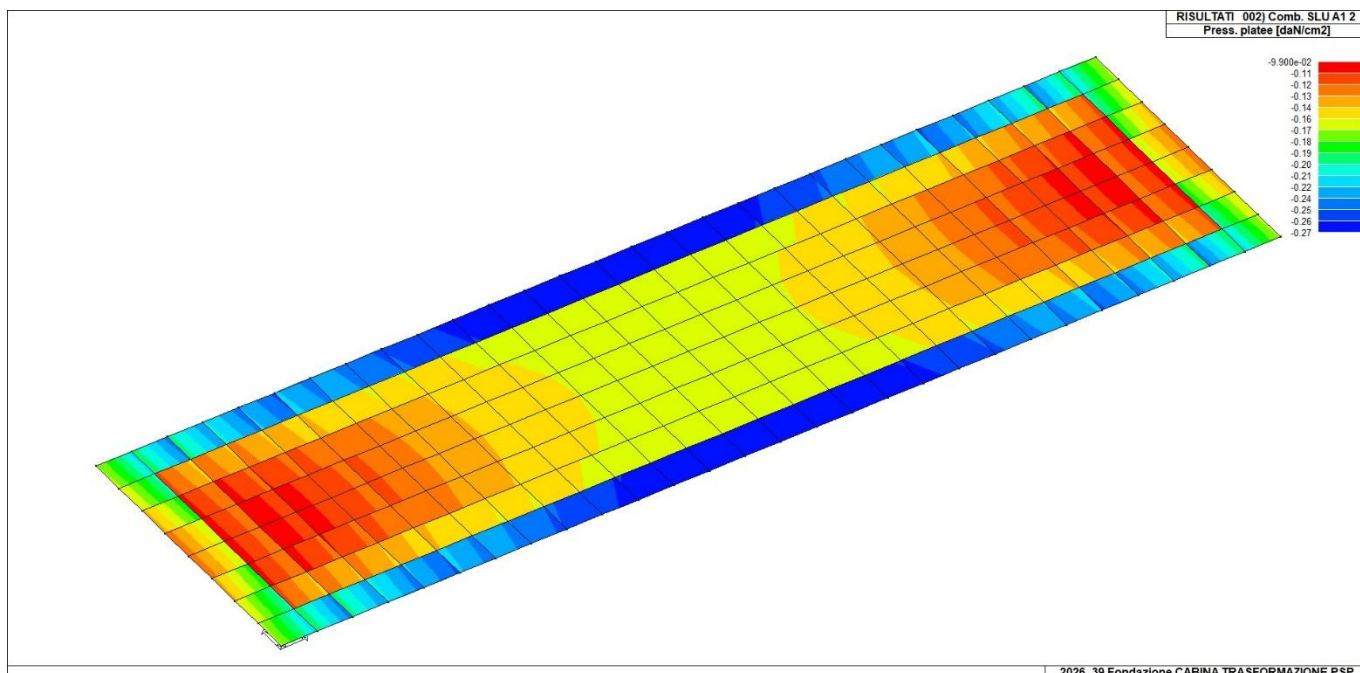
Per questo tipo di fondazione vengono riportate le pressioni in ogni vertice (nodo) degli elementi costituenti la platea.

La quarta tabella è riferita alle fondazioni tipo trave su suolo elastico.

Per questo tipo di fondazione vengono riportate le pressioni alle estremità dell'elemento e la massima (in valore assoluto) pressione lungo lo sviluppo dell'elemento.

Vengono inoltre riportati, con funzione statistica, i valori massimo e minimo delle pressioni che compaiono nella tabella.

Nodo (G)	Pt 1/12	Pt 2/13	Pt 3...	Pt 4...							
	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2
1	-0.16	-0.13	-0.13	-0.13	-0.12	-0.12					
2	-0.16	-0.13	-0.13	-0.13	-0.12	-0.12					
3	-0.16	-0.13	-0.13	-0.13	-0.12	-0.12					
4	-0.16	-0.13	-0.13	-0.13	-0.12	-0.12					
5	-0.22	-0.17	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16					
6	-0.24	-0.18	-0.18	-0.18	-0.17	-0.17					
7	-0.23	-0.17	-0.17	-0.18	-0.17	-0.16					
8	-0.24	-0.18	-0.17	-0.18	-0.17	-0.17					
...											
261	-0.21	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16					
Nodo (G)	Pt 1/12	Pt 2/13	Pt 3...	Pt 4...							
	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2							
	-0.27										
	-0.08										

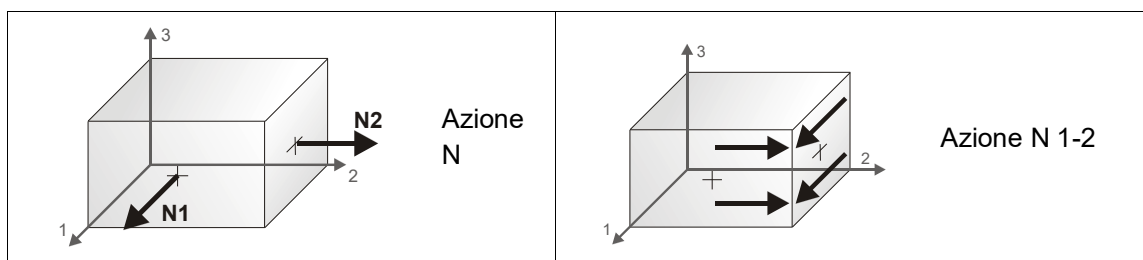


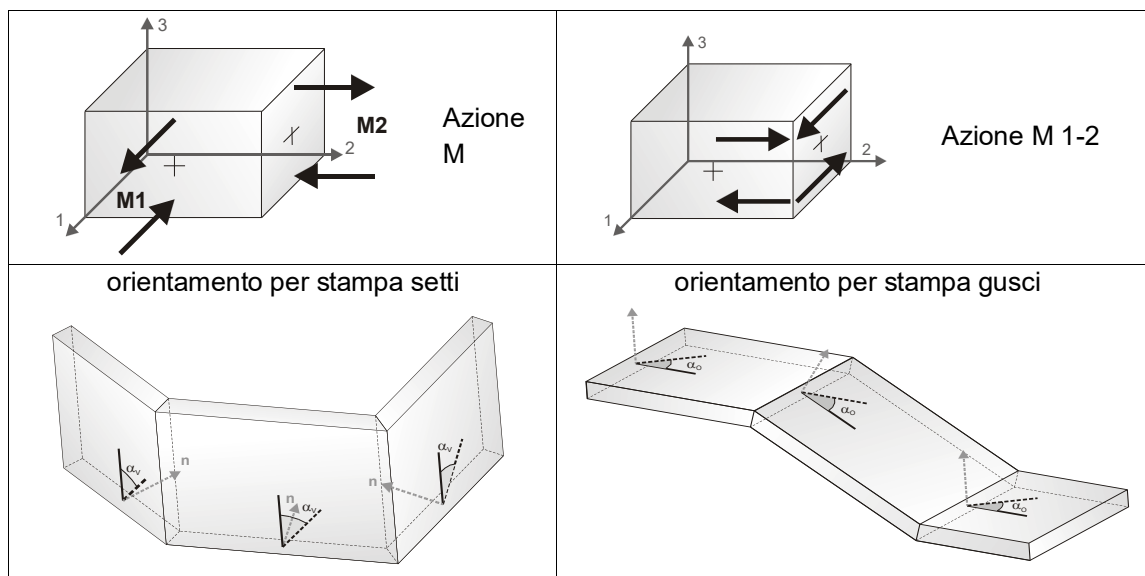
RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL

LEGENDA RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne gli elementi tipo shell, è possibile in relazione alle tabelle sottoriportate.

Per ogni elemento, e per ogni combinazione(o caso di carico) vengono riportati i risultati più significativi.





In particolare vengono riportati in ogni nodo di un elemento per ogni combinazione:

tensione di Von Mises		(valore riassuntivo del complessivo stato di sollecitazione)
N max		sforzo membranale principale massimo
N min		sforzo membranale principale minimo
M max		sforzo flessionale principale massimo
M min		sforzo flessionale principale minimo
N1	N2	sforzi membranali e flessionali in direzione locale 1 e 2 dell'elemento
N1-2	M1	(lo sforzo 2-1 è uguale allo sforzo 1-2 per la reciprocità delle tensioni
M2	M1-2	tangenziali)

I suddetti risultati possono a scelta del progettista essere preceduti o sostituiti da valori di sollecitazione non più riferiti al sistema locale dell'elemento ma al sistema globale.

In questo caso gli elementi vengono raggruppati in gruppi (M_S: macro gusci o macro setti, raggruppati per materiale, spessore, e posizione fisica) per la valutazione dei valori mediati ai nodi appartenenti agli elementi dei gruppi stessi. I valori di sollecitazione sono, in questo caso, riferiti ad una tema specifica del gruppo ruotata di α_0 attorno all'asse Z per i gusci e ruotata di α_v attorno alla normale (che per definizione è orizzontale) al piano del setto.

Per i setti, in particolare, se α_v è zero, l'asse '1-1 rappresenta la verticale e l'asse '2-2 l'orizzontale contenuta nel setto.

Le azioni sui setti possono essere espresse anche con formato macro, cioè riferite all'intero macroelemento.

In particolare vengono riportati per ogni quota Z dei nodi e per ogni combinazione i seguenti valori:

N memb.	Azione membranale complessiva agente sulla parete in direzione Z	
V memb.	Azione complessiva di taglio agente nel piano del macroelemento	
V orto	Azione complessiva di taglio agente in direzione perpendicolare al macroelemento	
M memb.	Azione flessionale complessiva agente nel piano del macroelemento	
M orto	Azione flessionale complessiva agente in direzione perpendicolare al macroelemento	
T	Azione torsionale complessiva agente nel piano orizzontale	

Macro	Tipo	Angolo 1-X (gradi)
1	Guscio	0.0

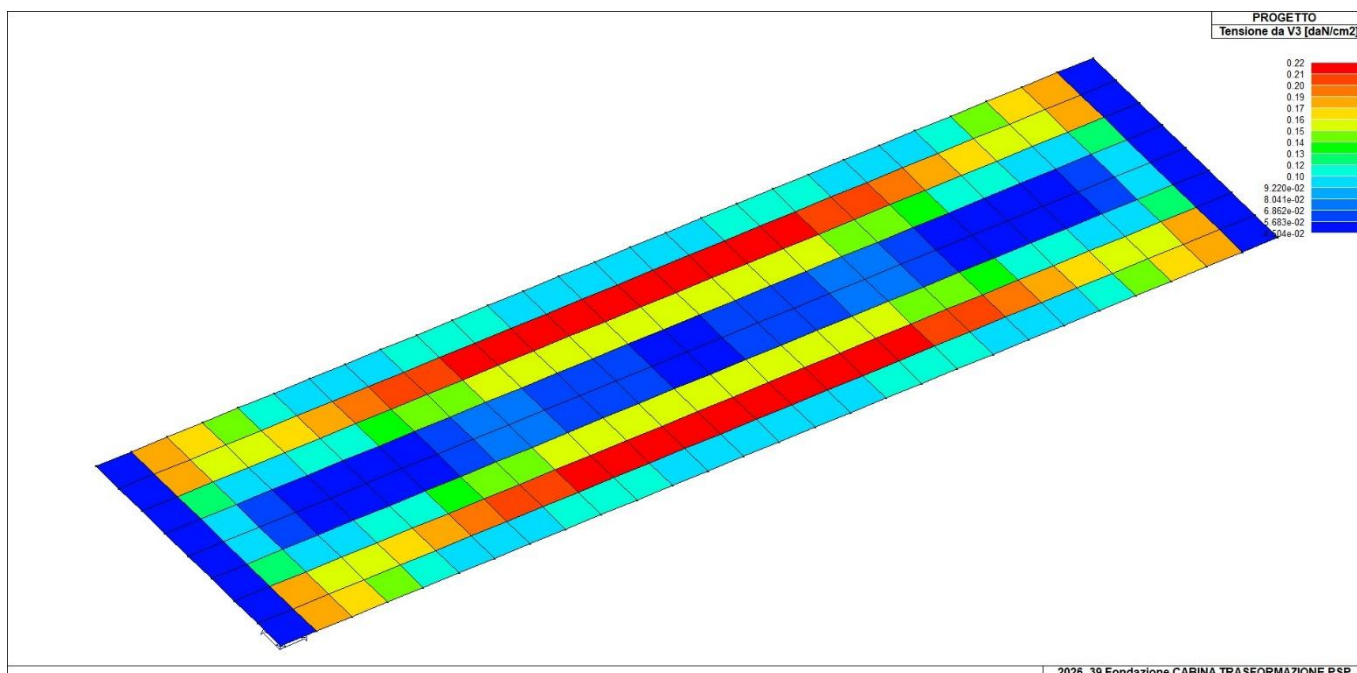
M_G	Cmb	Nodo	N max daN/cm	N min daN/cm	N 1 daN/cm	N 2 daN/cm	N 1-2 daN/cm	M max daN	M min daN	M 1 daN	M 2 daN	M 1-2 daN
1	2	1	0.15	-0.29	-5.31e-02	-8.26e-02	-0.22	8.03	-25.17	-4.76	-12.38	-16.16

1	2	2	0.15	-0.29	-5.31e-02	-8.26e-02	0.22	8.03	-25.17	-4.76	-12.38	16.16
1	2	3	0.15	-0.29	-5.31e-02	-8.26e-02	0.22	8.03	-25.17	-4.76	-12.38	16.16
1	2	4	0.15	-0.29	-5.31e-02	-8.26e-02	-0.22	8.03	-25.17	-4.76	-12.38	-16.16
1	2	5	1.12	-0.62	0.54	-3.41e-02	-0.83	-18.28	-58.70	-47.29	-29.69	-18.19
1	2	6	2.52	-2.42	0.66	-0.56	2.40	2.48	-230.77	-230.25	1.96	-11.05
1	2	7	5.94	9.13e-02	5.93	9.91e-02	-0.21	12.89	-407.49	-404.26	9.66	-36.70
1	2	8	8.65	0.23	8.64	0.24	-0.17	11.91	-532.04	-529.26	9.12	-38.80
...												

1	74	261	0.85	-1.14	-0.69	0.40	0.83	16.34	-41.36	-17.29	-7.72	-28.45
M_G			N max	N min	N 1	N 2	N 1-2	M max	M min	M 1	M 2	M 1-2
			25.58	-20.15	-20.15	-6.05	-6.45	417.16	-653.09	-646.64	-219.33	-86.90
					25.58	3.98	6.17			2.76	417.16	86.90

Elem.	Cmb	Nodo	Von Mises daN/cm2	N max daN/cm	N min daN/cm	N 1 daN/cm	N 2 daN/cm	N 1-2 daN/cm	M max daN	M min daN	M 1 daN	M 2 daN	M 1-2 daN
1	2	73	0.78	-0.86	-1.77	-1.65	-0.98	0.31	36.68	-94.04	-46.16	-11.20	-62.98
		72	0.18	0.53	0.12	0.16	0.49	0.12	23.77	-1.90	-0.93	22.80	-4.90
		4	0.21	0.15	-0.29	-0.05	-0.08	-0.22	8.03	-25.17	-4.76	-12.38	-16.16
		5	0.17	0.77	0.34	0.75	0.36	-0.09	-18.67	-24.22	-23.99	-18.90	1.11
1	27	73	0.35	-0.08	-2.63	-2.63	-0.08	-0.07	-31.93	-47.28	-45.60	-33.60	-4.78
		72	0.21	3.98	-1.28	0.27	2.43	2.39	2.74	-16.72	0.54	-14.51	6.17
		4	0.20	2.69	-1.52	-1.46	2.63	0.49	5.26	-13.20	-1.77	-6.17	-8.97
		5	0.34	2.19	-2.15	-0.58	0.62	-2.08	-4.95	-42.93	-37.50	-10.38	13.29

224	74	38	0.08	0.43	0.08	0.11	0.40	0.09	9.27	-1.16	-0.83	8.94	-1.83
Elem.			Von Mises	N max	N min	N 1	N 2	N 1-2	M max	M min	M 1	M 2	M 1-2
			4.73	27.72	-20.92	-17.22	-8.12	-10.01	417.16	-665.90	-654.19	-247.02	-167.86
						27.55	5.76	10.01			7.89	417.16	167.86



VERIFICHE ELEMENTI PARETE E GUSCIO IN C.A.

LEGENDA TABELLA VERIFICHE ELEMENTI PARETE E GUSCIO IN C.A.

Per le pareti in c.a., in ottemperanza al cap. 7 del DM 17-01-18, viene effettuata una doppia progettazione: sia come *Singolo Elemento* sia come *Parete Sismica* o *Parete Debolmente Armata*.

Per la progettazione come *Singolo Elemento* di ogni elemento vengono riportati il codice dello stato di verifica con le sigle **Ok** e **NV**, il rapporto x/d , la verifica per sollecitazioni ultime (verifica a compressione media gli sforzi membranali, verifica a presso-flessionale e verifica a sollecitazioni taglianti), gli sforzi membranali e flessionali, il

quantitativo di armatura nella direzione principale e secondaria sia inferiore che superiore e il quantitativo di armatura a taglio.

Per la progettazione come *Parete Sismica* o *Parete Debolmente Armata* vengono riportate invece le caratteristiche geometriche della parete e delle zone dissipative (quest'ultime solo nel caso di parete sismica), i coefficienti di verifica a compressione assiale, pressoflessione e sollecitazioni taglianti.

Inoltre vengono riportate per ogni quota significativa l'armatura principale e secondaria, l'armatura in zona confinata (solo per parete sismica) e non confinata, l'armatura concentrata all'estremità (per pareti debolmente armate), lo sforzo assiale aggiuntivo per q superiore a 2 e i valori di inviluppo di taglio e momento. Per le pareti debolmente armate viene riportato anche lo stato di verifica relativo alla snellezza.

Le azioni derivate dall'analisi, in ogni combinazione di calcolo, sono elaborate come previsto al punto 7.4.4.5.1: traslazione del momento, incremento e variazione diagramma taglio, incremento e decremento sforzo assiale.

La progettazione nel caso dei gusci viene effettuata una progettazione come *Singolo Elemento*, riportando in tabella il rapporto x/d , la verifica per sollecitazioni ultime, (verifica a compressione media gli sforzi membranali, verifica a presso-flessionale e verifica a sollecitazioni taglianti) di ogni elemento.

Per ogni elemento, viene riportata inoltre la maglia di armatura necessaria in relazione alle risultanze della progettazione dei nodi dell'elemento stesso. Le quantità di armature necessarie sono armature (disposte rispettivamente in direzione principale e secondaria, inferiore e superiore) distribuite nell'elemento ed espresse in centimetri quadri per sviluppo lineare pari ad un metro.

Nel caso dei gusci viene effettuata, inoltre, la verifica a punzonamento, riportando in tabella il codice dello stato di verifica, il coefficiente di verifica per piastre prive di armature a taglio lungo il perimetro resistente e lungo il perimetro del pilastro, coefficiente di incremento dovuto ai momenti flettenti, fattore di amplificazione per le fondazioni, il fattore di amplificazione dell'altezza utile per individuare il perimetro di verifica lungo il quale l'armatura a taglio non è richiesta, il quantitativo di armatura a punzonamento, il numero di serie di armature, il numero di braccia di armatura ed il riferimento alla combinazione più gravosa.

Per gli elementi di fondazione si fa riferimento al paragrafo 7.2.5 del D.M.17/01/2018 che prevede:

“Sia per CD“A” sia per CD“B” il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti assumendo come azione in fondazione, trasmessa dagli elementi soprastanti, una tra le seguenti:

- *quella derivante dall'analisi strutturale eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo;*
- *[...];*
- *quella trasferita dagli elementi soprastanti nell'ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, amplificata di un coefficiente pari a 1,30 in CD“A” e 1,10 in CD“B”*

[...]

Le strutture delle fondazioni superficiali devono essere progettate per le azioni definite al precedente capoverso, assumendo un comportamento non dissipativo; non sono quindi necessarie armature specifiche per ottenere un comportamento duttile.”

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo l'incremento delle sollecitazioni sopracitato viene eseguito come previsto dall'Eurocodice

$$E_{Fd} = E_{F,G} + \gamma_{Rd} \Omega E_{F,E}$$

Nel contesto visualizzazione risultati e nella stampa della relazione sulle fondazioni PRO_SAP mostra le sollecitazioni che derivano dall'analisi non incrementate sia in termini di pressioni sul terreno che in termini di sollecitazioni.

Simbologia adottata nelle tabelle di verifica

Per gli elementi con progettazione di tipo “*Singolo Elemento ...*” è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Macro Guscio	Numero del macroelemento di tipo guscio (elementi non verticali contigui ed analoghi per proprietà)
Macro Setto	Numero del macroelemento di tipo setto (elementi verticali contigui ed analoghi per proprietà)
Spessore	Spessore della parete
Id Materiale	Codice del materiale assegnato all'elemento
Id Criterio	Codice del criterio di progetto assegnato all'elemento
Progettazione	Sigla tipo di Elemento: - Singolo Elemento; - Singolo Elemento FONDAZIONE; - Singolo Elemento NON DISSIPATIVO

Per gli elementi con progettazione di tipo “*Parete Sismica*” e “*Parete Debolmente Armata*” è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Parete	Numero della PARETE SISMICA
Parete PDA	Numero della PARETE DEBOLMENTE ARMATA
H totale	Altezza complessiva della parete
Spessore	Spessore della parete
H critica	Altezza come da punto 7.4.4.5.1 per traslazione momento (solo in Parete Sismica)
H critica V	Altezza della zona dissipativa (solo in Parete Sismica)
L totale	Larghezza di base della parete
L confinata	Lunghezza della zona dissipativa (solo in Parete Sismica)
Verif. N	Verifica di cui al punto 7.4.4.5.1 compressione semplice
Verif. N-M	Verifica di cui al punto 7.4.4.5.1 pressoflessione
Fattore V	Fattore di amplificazione del taglio di cui al punto 7.4.4.5.1
Diagramma V	Diagramma elaborato per effetto modi superiori come da fig. 7.4.4
Verif. V	Verifica di cui al punto 7.4.4.5.1 taglio (compressione cls, trazione acciaio, scorrimento in zona critica) (solo in Parete Sismica)
Verifica Snellezza	Verifica di cui al punto 7.4.4.5.1 limitazione compressione per prevenire l'instabilità (solo in Parete Debolmente Armata)
Prog. composta	Sigla per la progettazione composta

Sia per le verifiche degli elementi con progettazione di tipo “*Singolo Elemento ...*” e “*Parete ...*” è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Nodo	Numero del nodo
Stato	Codice di verifica dell'elemento ok o NV
x/d	Rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile alla rottura della sezione (per sola flessione)
V N/M	Verifica delle sollecitazioni Normali (momento e sforzo normale)
Ver. rid	Rapporto Nd/Nu (Nu ottenuto con riduzione del 25% di fcd)
Af pr+	Quantità di armatura richiesta in direzione principale relativa alla faccia positiva (estradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Af pr-	Quantità di armatura richiesta in direzione principale relativa alla faccia negativa (intradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Af sec+	Quantità di armatura richiesta in direzione secondaria relativa alla faccia positiva (estradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Af sec-	Quantità di armatura richiesta in direzione secondaria relativa alla faccia negativa (intradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Nz No Nzo	Sforzi membranali per pareti e/o setti verticali
Mz Mo Mzo	Sforzi flessionali per pareti e/o setti verticali
Nx Ny Nxy	Sforzi membranali per gusci orizzontali
Mx My Mxy	Sforzi flessionali per gusci orizzontali

Nodo	Numero del nodo
Stato	Codice di verifica dell'elemento ok, NV oppure ok Av (verificata, ma con richiesta di armatura a taglio)
Max tau	Tensione tangenziale Massima
Ver V pr	Verifica a taglio nella direzione principale lato calcestruzzo
Ver V sec	Verifica a taglio nella direzione secondaria lato calcestruzzo
Af V pr	Armatura nella direzione principale
V pr-	Verifica dell'armatura nella direzione principale
Af V sec	Armatura nella direzione secondaria
V sec-	Verifica dell'armatura nella direzione secondaria

Per le verifiche degli elementi con progettazione "*Parete Sismica o Parete Debolmente Armata*", oltre alla tabella con le verifiche per gli elementi con progettazione "*Singolo Elemento ...*", è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Quota	Ascissa verticale di riferimento
Af conf.	Numero e diametro armatura presente in una zona confinata
Af std	Diametro e passo armatura in zona non confinata (doppia maglia)
Af estremi	Diametro dei ferri di estremità del pannello; se posto uguale 0, viene utilizzato il diametro standard
Af V (ori)	Diametro e passo armatura orizzontale (doppia maglia)
Ver. N	Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a compressione (normalizzato a 1 in quanto da confrontare con 40% in CDB e 35 % in CDA)
Ver. N/M	Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a pressoflessione
Ver. V acc(7)	Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a taglio-trazione per alfaS minore di 2 secondo paragrafo 7.4.4.5.1
Ver. V cls	Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a taglio-compressione
Ver. V acc	Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a taglio-trazione
Ver. V scorr.	Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a taglio scorrimento
N add	Sforzo assiale di cui al punto 7.4.4.5.1 da sommare e sottrarre nelle verifiche quando q supera 2
N invil M invil	Inviluppo del Momento e Sforzo Normale come al punto 7.4.4.5.1 (informativo) (solo in Parete Sismica)

Quota	Ascissa verticale di riferimento
N v.N	Valore dello sforzo assiale per cui Ver. N attinge il massimo valore
N v.M/N, M v.M/N	Valore dello sforzo assiale e momento per cui Ver. N/M attinge il massimo valore
N v.M/N, M v.M/N Mo v.M/N	Valore dello sforzo assiale e dei momenti per cui Ver. N/M attinge il massimo valore (per le pareti estese debolmente armate)
N v.Vcls, V v.Vcls,	Valore dello sforzo assiale e taglio per cui Ver. V. cls attinge il massimo valore
N v.Vacc, M v.Vacc, V v.Vacc,	Valore dello sforzo assiale, momento e taglio per cui Ver. V. acc attinge il massimo valore
N v.Vscorr, M v.Vscorr, V v.Vscorr,	Valore dello sforzo assiale, momento e taglio per cui Ver. V. scorr.e attinge il massimo valore
N v.N	Valore dello sforzo assiale per cui Ver. N attinge il massimo valore
N v.M/N, M v.M/N	Valore dello sforzo assiale e momento per cui Ver. N/M attinge il massimo valore
N v.M/N, M v.M/N Mo v.M/N	Valore dello sforzo assiale e dei momenti per cui Ver. N/M attinge il massimo valore (per le pareti estese debolmente armate)
N v.Vcls, V v.Vcls,	Valore dello sforzo assiale e taglio per cui Ver. V. cls attinge il massimo valore

Quota	Ascissa verticale di riferimento
CtgT Vcls	Valore di ctg(teta) adottato nella verifica V compressione cls

Vrsd Vcls	Valore della resistenza a taglio trazione (armatura di calcolo)
Vrcd Vcls	Valore della resistenza a taglio compressione
CtgT Vacc	Valore di ctg(teta) adottato nella verifica V trazione armatura
Vrsd Vacc	Valore della resistenza a taglio trazione (armatura presente)
Vrcd Vacc	Valore della resistenza a taglio compressione
Vdd	Valore del contributo alla resistenza allo scorrimento come da [7.4.20]
Vid	Valore del contributo alla resistenza allo scorrimento come da [7.4.21]
A s.i.	Somma delle aree di armature
Incli.	Angolo di inclinazione delle armature
Dist.	Distanza alla base tra le armature inclinate

Quota	Ascissa verticale di riferimento
V[7.4.16]	Verifica a taglio-trazione dell'armatura dell'anima (7.4.16)
N M V	Sollecitazioni di calcolo della condizione più gravosa
Alfas	Rapporto di Taglio
Vrd,c	Resistenza a taglio degli elementi non armati
VRd,s	Resistenza a taglio nei confronti dello scorrimento
V[7.4.17]	Verifica a taglio-trazione dell'armatura dell'anima (7.4.17)
roH	Rapporto tra l'armatura orizzontale e l'area della sezione relativa di calcestruzzo
roV	Rapporto tra l'armatura verticale e l'area della sezione relativa di calcestruzzo
roN	Sforzo normale adimensionalizzato Ned/(bw fyd)

Per la verifica a *Punzonamento* è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

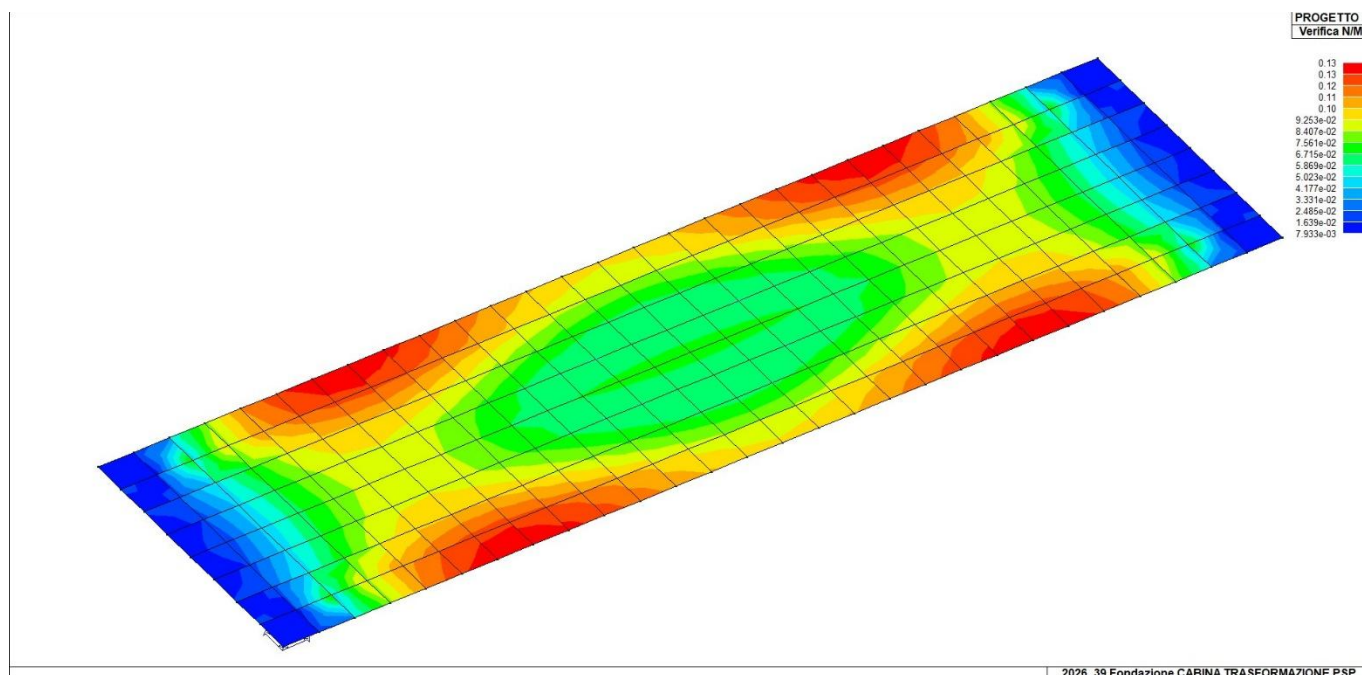
Nodo	Numero del nodo
Stato	Codice di verifica dell'elemento ok o NV
V. 6.47	Fattore di sicurezza per la verifica per piastre prive di armature a taglio lungo il perimetro resistente U1
V. 6.53	Fattore di sicurezza per la verifica per piastre prive di armature a taglio lungo il perimetro del pilastro U0
Beta	Fattore di incremento dovuto ai momenti flettenti
f. a fon	Fattore di amplificazione per le fondazioni (solo per gusci di fondazione)
f. Uout	Fattore di amplificazione dell'altezza utile per individuare il perimetro di verifica lungo il quale l'armatura a taglio non è richiesta
Aw tot	Quantitativo di armatura per la verifica di piastre munite di armatura (formula 6.52 dell'EC2)
Asw,min	Quantitativo minimo di armatura previsto dai dettagli costruttivi (formula 9.11 dell'EC2)
n. x serie	Numero di serie di armature
n.ser 0(R)	Numero di braccia delle armatura in direzione 0 (o numero di braccia radiale)
n.ser 90	Numero di braccia delle armatura in direzione 90 (solo se armatura cruciforme)
Rif. cmb	Riferimento combinazioni da cui si generano le verifiche più gravose

Macro Guscio	Spessore	Id Materiale	Id Criterio	Progettazione
	cm			
1	30.00	1	2	Singolo elemento

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N x daN/cm	N y daN/cm	N xy daN/cm	M x daN	M y daN	M xy daN
1	ok	0.11	7.93e-03	6.37e-04	5.7	5.7	5.7	5.7	-5.31e-02	-8.26e-02	-0.2	-4.8	-12.4	-16.2
2	ok	0.11	7.93e-03	6.37e-04	5.7	5.7	5.7	5.7	-5.31e-02	-8.26e-02	0.2	-4.8	-12.4	16.2
3	ok	0.11	7.93e-03	6.37e-04	5.7	5.7	5.7	5.7	-1.5	2.6	-0.5	-1.8	-6.2	9.0
4	ok	0.11	7.93e-03	6.37e-04	5.7	5.7	5.7	5.7	-5.31e-02	-8.26e-02	-0.2	-4.8	-12.4	-16.2
5	ok	0.11	1.94e-02	1.34e-03	5.7	5.7	5.7	5.7	0.3	-0.4	-1.6	-70.6	-40.5	-37.5
6	ok	0.11	5.06e-02	2.06e-03	5.7	5.7	5.7	5.7	-2.6	-6.60e-02	2.0	-293.8	-12.3	-26.1
7	ok	0.11	8.23e-02	2.17e-03	5.7	5.7	5.7	5.7	2.0	-0.6	0.6	-446.6	-1.7	-41.5
8	ok	0.11	0.1	2.24e-03	5.7	5.7	5.7	5.7	6.3	-0.4	0.3	-550.9	3.4	-46.7
...														
261	ok	0.11	2.35e-02	1.95e-03	5.7	5.7	5.7	5.7	-1.7	-1.0	0.3	-46.2	-11.2	-63.0
Nodo		x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N x -17.22	N y -6.05	N xy -5.67	M x -654.19	M y -238.38	M xy -120.25

0.11 0.13 5.16e-03 5.65 5.65 5.65 5.65 9.17 2.87 5.67 2.76 417.16 120.25

Nodo	Stato	Max tau daN/cm2	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr daN/cm	V sec daN/cm
1	ok	0.05						
2	ok	0.05						
3	ok	0.05						
4	ok	0.05						
5	ok	0.17						
6	ok	0.17						
7	ok	0.17						
8	ok	0.14						
...								
261	ok	0.18						
Nodo		Max tau 0.22	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr	V sec



STATI LIMITE D' ESERCIZIO

LEGENDA TABELLA STATI LIMITE D' ESERCIZIO

In tabella vengono riportati i valori di interesse per il controllo degli stati limite d'esercizio.

In particolare vengono riportati, in relazione al tipo di elemento strutturale, i risultati relativi alle tre categorie di combinazione considerate:

- Combinazioni rare
- Combinazioni frequenti
- Combinazioni quasi permanenti.

I valori di interesse sono i seguenti:

rRfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rRfyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rPfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in

	combinazioni quasi permanenti	[normalizzato a 1]
wR	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni rare	[mm]
wF	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni frequenti	[mm]
wP	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni quasi permanenti	[mm]
dR	massima deformazione in combinazioni rare	
dF	massima deformazione in combinazioni frequenti	
dP	massima deformazione in combinazioni quasi permanenti	

Per ognuno dei nove valori soprariportati viene indicata (Rif.cmb) la combinazione in cui si è verificato.

In relazione al tipo di elemento strutturale i valori sono selezionati nel modo seguente:

pilastri	rRfck	rRfyk	rPfck	per sezioni significative
travi	rRfck wR dR	rRfyk wF dF	rPfck wP dP	per sezioni significative per sezioni significative massimi in campata
setti e gusci	rRfck wR	rRfyk wF	rPfck wP	massimi nei nodi dell'elemento massimi nei nodi dell'elemento

Si precisa che i valori di massima deformazione per travi sono riferiti al piano verticale (piano locale 1-2 con momenti flettenti 3-3).

Guscio	rRfck	rRfyk	rPfck	Rif. cmb	wR mm	wF mm	wP mm	Rif. cmb
1	6.19e-03	0.01	7.38e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
2	6.47e-03	0.02	7.90e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
3	6.11e-03	0.02	7.39e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
4	5.93e-03	0.01	6.78e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
5	5.93e-03	0.01	6.78e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
6	6.11e-03	0.02	7.39e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
7	6.47e-03	0.02	7.90e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
8	6.19e-03	0.01	7.38e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
...								
224	6.19e-03	0.01	7.38e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
Guscio	rRfck 0.04	rRfyk 0.11	rPfck 0.05		wR 0.0	wF 0.0	wP 0.0	

STATO LIMITE D' ESERCIZIO: SLD DANNO SISMICO

LEGENDA TABELLA STATI LIMITE DI DANNO (VERIFICHE RES)

Le verifiche RES per SLD sono effettuate in accordo alle Norme Tecniche 17 Gennaio 2018 e alla circolare n.7 del 21 gennaio 2019 nonché alle linee guida del Consiglio Superiore LL.PP. “Linee guida per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP”.

Le verifiche RES per SLD, sono riportate nelle successive tabelle nella forma di rapporto “domanda” su “capacità” e hanno esito positivo quando il rapporto è non superiore al valore unitario.

La “domanda” è ottenuta direttamente dall’analisi per le previste combinazioni SLD (NTC18 2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI formula [2.5.5]).

Per “capacità” si intende qui il valore della sollecitazione corrispondente al raggiungimento dello stato limite di danno per la sezione: per la resistenza flessionale questo stato limite si identifica

con la tensione di snervamento dell'acciaio o la resistenza massima a compressione per il calcestruzzo e la muratura. Lo stato limite di danno si ritiene attinto anche in caso di superamento della resistenza a taglio.

Le resistenze flessionali sono valutate utilizzando i legami costitutivi del materiale limitati al solo tratto elastico, ottenendo così resistenze sostanzialmente elastiche come previsto dalla norma.

La seguente tabella identifica per quali configurazioni (materiale nuovo, esistente, con rinforzi e metodo di analisi) sono state condotte le verifiche di seguito riportate.

Configurazione	Verifica SLD	NOTE
1) c.a. nuovo e esist. Verifica SLU con $q > 1$	Verifica N/M SE Verifica V/T	Sono verifiche per struttura non dissipativa condotte secondo il cap.4 NTC18 in regime sostanzialmente elastico; si verificano travi, pilastri, setti e gusci.
2) Muratura nuova Verifica SLU con $q > 1$	Verifica N/M SE Verifica V	Per N/M identificato SL elastico, per V formulazione secondo cap.7
3) Muratura esis. AO Verifica SLU con $q > 1$	Verifica N/M SE Verifica V	Per N/M identificato SL elastico, per V formulazione secondo cap. 7 e 8
4) Muratura esis. PO Verifica SLU con $q > 1$	Verifica N/M SE Verifica V	Per N/M identificato SL elastico, per V formulazione secondo cap. 7 e 8; Anche per rinforzi FRP è prevista verifica N/M SE e V

Simbologia adottata nelle tabelle di verifica

Per le verifiche agli SLD di pilastri, travi setti e gusci in c.a. è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Pilas./Trave/ Setto/Guscio	numero identificativo dell'elemento D2 o D3
Stato	Codici relativi all'esito delle verifiche effettuate appresso descritte
Pos.	Posizione nell'elemento della sezione per la quale si riporta la verifica
V N/M	Verifica a pressoflessione con rapporto E_d/R_d : valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
V V/T cls	Verifica a taglio/torsione con rapporto V_{ed}/V_{rd} lato cls: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
V V/T acc	Verifica a taglio/torsione con rapporto V_{ed}/V_{rd} lato acciaio: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
Rif. cmb.	Riferimento combinazioni da cui si generano le verifiche più gravose per il pilastro

Per le verifiche agli SLD di maschi e fasce in muratura. è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Setto/Fascia/Elem.	numero del macroelemento (D3) o elemento (D2) considerato	
Mat.	Materiale	
s,m=	Indice della sezione e del materiale assegnati all' elemento (per D2)	
Spessore	spessore dell'elemento	
Stato	ok	elemento verificato (SLD)
	NV	elemento non verificato (SLD)

e a seguire:

Nodo/Pos.	numero del nodo appartenente al setto / posizione relativa al nodo I per D2
h0/t	valore della snellezza convenzionale

P/Ap	tensione verticale media utilizzata per la verifica a pressoflessione nel piano del muro
P/Acv	tensione verticale media nella parte compressa, utilizzata nella verifica a taglio nel piano del muro
Ver. Mp	rapporto tra il momento di progetto e il momento Mrd in relazione alla verifica Par. 7.8.2.2.1 (pressoflessione complanare) effettuato per tutte le combinazioni
Ver. V	rapporto il taglio di progetto e il taglio ultimo in relazione alla verifica Par. 7.8.2.2.2 (taglio complanare) o C8.7.1.16 della circolare 21-01-19 per edifici esistenti effettuato per tutte le combinazioni (solo per elementi maschi)
Ver. V	rapporto tra il taglio di progetto e il minore dei tagli resistenti Vp e Vt in relazione alla verifica del par. 7.8.2.2.3 (solo per elementi fasce)
Rif. cmb	Combinazioni in cui si hanno i massimi valori dei rapporti Ver. Mp, Ver. V

Per elementi consolidati secondo il paragrafo C8.5.3.1 il programma opera come per gli elementi non rinforzati, considerando ai fini delle analisi e delle verifiche gli opportuni coefficienti correttivi delle rigidezze e delle resistenze.

Per elementi consolidati con FRP il programma implementa le verifiche previste dalle "Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP" approvate dal CSLLPP il 24/07/2009.

Per elementi consolidati con FRCM il programma implementa le verifiche previste dalle CNR-DT 215/2018 "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica"

Per semplicità la simbologia adottata nelle tabelle è uniformata a quella degli elementi non rinforzati.

Le tabelle riportano inoltre i seguenti parametri:

Fibra	Tipo di fibra del fibrorinforzo
E fibra	Modulo elastico del fibrorinforzo
epsr	Dilatazione di rottura del fibrorinforzo
epsd	Dilatazione di calcolo
epsd(s)	Dilatazione di calcolo per combinazioni sismiche
Spess.	Spessore del fibrorinforzo, il programma prevede l' applicazione di uno strato di spessore s su entrambe le facce della parete (o sui quattro lati della sezione in caso di confinamento)
AO fib.	Area orizzontale complessiva di fibrorinforzo per metro lineare
AV fib.	Area verticale complessiva di fibrorinforzo per metro lineare

Affinché l'elemento sia verificato deve essere:

Ver. Mp, Ver.V non superiore a 1

TABELLA VERIFICHE ELEMENTI D3 GUSCI C.A.

Guscio	Stato	Nodo	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb	Nodo	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
1	ok	73	0.01	0.0	0.0	56,0,0	72	4.74e-03	0.0	0.0	59,0,0
		4	5.15e-03	0.0	0.0	53,0,0	5	8.08e-03	0.0	0.0	53,0,0
2	ok	74	0.02	0.0	0.0	47,0,0	71	4.60e-03	0.0	0.0	58,0,0
		72	9.41e-03	0.0	0.0	53,0,0	73	0.01	0.0	0.0	54,0,0
3	ok	75	0.01	0.0	0.0	53,0,0	70	3.50e-03	0.0	0.0	58,0,0
		71	6.71e-03	0.0	0.0	53,0,0	74	0.02	0.0	0.0	53,0,0
4	ok	76	0.01	0.0	0.0	46,0,0	69	2.57e-03	0.0	0.0	58,0,0
		70	3.20e-03	0.0	0.0	56,0,0	75	0.01	0.0	0.0	37,0,0
...											
224	ok	261	0.01	0.0	0.0	65,0,0	38	4.74e-03	0.0	0.0	62,0,0
Guscio			V N/M	V V/T cls	V V/T acc			V N/M	V V/T cls	V V/T acc	
			0.11	0.0	0.0						

RELAZIONE GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

In quanto di seguito riportato viene fatto esplicito riferimento alle seguenti Normative:

- **LEGGE n° 64 del 02/02/1974.** "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche.";
- **D.M. LL.PP. del 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.";
- **D.M. LL.PP. del 16/01/1996.** "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.";
- **Circolare Ministeriale LL.PP. n° 65/AA.GG. del 10/04/1997.** "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/1996.";
- **Eurocodice 1 - Parte 1** - "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo -.";
- **Eurocodice 7 - Parte 1** - "Progettazione geotecnica - Regole generali -.";
- **Eurocodice 8 - Parte 5** - "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -.";
- **D.M. 17/01/2018 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**

INDAGINI IN SITO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La finalità della presente relazione è quella di definire il comportamento meccanico del volume di terreno (volume significativo) influenzato direttamente o indirettamente dalla costruzione di un manufatto e che a sua volta influenza il comportamento strutturale del manufatto stesso. Di seguito si illustrano i risultati delle indagini geologiche eseguite, nonché l'interpretazione dei risultati ottenuti. Dal quadro generale in tal modo scaturito si definiscono le caratteristiche della fondazione da adottare ed il modello da utilizzare per le elaborazioni relative alla interazione sovrastruttura-fondazione e fondazione-terreno.

.....

.....

Le risultanze dell'indagine in sito hanno evidenziato che:

.....

.....

Di seguito si riportano alcuni cenni teorici relativi alle modalità di calcolo implementate e la descrizione della simbologia adottata nei tabulati.

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI

Per la determinazione del carico limite del complesso terreno-fondazione (inteso come valore asintotico del diagramma carico-cedimento) si fa riferimento a due principali meccanismi di rottura: il "meccanismo generale" e quello di "punzonamento". Il primo è caratterizzato dalla formazione di una superficie di scorrimento: il terreno sottostante la fondazione rifluisce lateralmente e verso l'alto, conseguentemente il terreno circostante la fondazione è interessato da un meccanismo di sollevamento ed emersione della superficie di scorrimento. Il secondo meccanismo è caratterizzato dall'assenza di una superficie di scorrimento ben definita: il terreno sotto la fondazione si comprime ed in corrispondenza della superficie del terreno circostante la fondazione si osserva un abbassamento generalizzato. Quest'ultimo meccanismo non consente una precisa individuazione del carico limite in quanto la curva cedimenti-carico applicato non raggiunge mai un valore asintotico ma cresce indefinitamente. Vesic ha studiato il fenomeno della rottura per punzonamento assimilando il terreno ad un mezzo elasto-plastico e la rottura per carico limite all'espansione di una cavità cilindrica. In questo caso il fenomeno risulta retto da un indice di rigidezza " I_r " così definito:

$$I_r = \frac{G}{c' + \sigma' \cdot \tan(\varphi)}$$

Per la determinazione del modulo di rigidezza a taglio si utilizzeranno le seguenti relazioni:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}; \quad E = E_{ed} \frac{1 - \nu - 2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}; \quad \nu = \frac{k_0}{1 + k_0}; \quad k_0 = 1 - \sin(\varphi).$$

L'indice di rigidezza viene confrontato con l'indice di rigidezza critico " $I_{r,crit}$ ":

$$I_{r,crit} = \frac{e^{\left[\left(3.3 - 0.45 \frac{B}{L} \right) \cdot \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right]}}{2}$$

La rottura per punzonamento del terreno di fondazione avviene quando l'indice di rigidezza è minore di quello critico. Tale teoria comporta l'introduzione di coefficienti correttivi all'interno della formula trinomia del carico limite detti "coefficienti di punzonamento" i quali sono funzione dell'indice di rigidezza, dell'angolo d'attrito e della geometria dell'elemento di fondazione. La loro espressione è la seguente:

- se $I_r < I_{r,crit}$ si ha :

$$\Psi_\gamma = \Psi_q = e^{\left[\left(0.6 \frac{B}{L} - 4.4 \right) \cdot \lg(\varphi) + \frac{3.07 \cdot \sin(\varphi) \log_{10}(2 \cdot I_r)}{1 + \sin(\varphi)} \right]} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_\gamma = \Psi_q = 1$$

$$\Psi_c = \Psi_q - \frac{1 - \Psi_q}{N_c \cdot \lg(\varphi)} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_c = 0.32 + 0.12 \cdot \frac{B}{L} + 0.6 \cdot \log_{10}(I_r)$$

- se $I_r > I_{r,crit}$ si ha che $\psi_q = \psi_\gamma = \psi_c = 1$.

Il significato dei simboli adottati nelle equazioni sopra riportate è il seguente:

- E_{ed} modulo edometrico del terreno sottostante la fondazione
- ν coefficiente di Poisson del terreno sottostante la fondazione
- k_0 coefficiente di spinta a riposo del terreno sottostante la fondazione
- i angolo d'attrito efficace del terreno sottostante il piano di posa
- c coesione (espressa in termini di tensioni efficaci)
- σ tensione litostatica effettiva a profondità $D+B/2$
- L luce delle singole travi di fondazione
- D profondità del piano di posa della fondazione a partire dal piano campagna
- B larghezza della trave di fondazione

Definito il meccanismo di rottura, il calcolo del carico limite viene eseguito modellando il terreno come un mezzo rigido perfettamente plastico con la seguente espressione:

$$q_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \Psi_q + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot \Psi_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma$$

Il significato dei termini presenti nella relazione trinomia sopra riportata è il seguente:

- N_q, N_c, N_γ fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno φ del terreno
- s_q, s_c, s_γ coefficienti che rappresentano il fattore di forma
- d_q, d_c, d_γ coefficienti che rappresentano il fattore dell'approfondimento
- i_q, i_c, i_γ coefficienti che rappresentano il fattore di inclinazione del carico
- γ_1 peso per unità di volume del terreno sovrastante il piano di posa
- γ_2 peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa

Per fondazioni aventi larghezza modesta si dimostra che il terzo termine non aumenta indefinitamente e per valori elevati di "B", sia secondo Vesic che secondo de Beer, il valore limite è prossimo a quello di una fondazione profonda. Bowles per fondazioni di larghezza maggiore di 2.00 metri propone il seguente fattore riduttivo:

$$r_\gamma = 1 - 0.25 \cdot \log_{10} \left(\frac{B}{2} \right) \quad \text{dove "B" va espresso in metri.}$$

Questa relazione risulta particolarmente utile per fondazioni larghe con rapporto D/B basso (platee e simili), caso nel quale il terzo termine dell'equazione trinomia è predominante.

Nel caso di carico eccentrico Meyerhof consiglia di ridurre le dimensioni della superficie di contatto (A_f) tra fondazione e terreno (B, L) in tutte le formule del calcolo del carico limite. Tale riduzione è espressa dalle seguenti relazioni:

$$B_{rid} = B - 2 \cdot e_B \quad L_{rid} = L - 2 \cdot e_L \quad \text{dove } e_B, e_L \text{ sono le eccentricità relative alle dimensioni in esame.}$$

L'equazione trinomia del carico limite può essere risolta secondo varie formulazioni, di seguito si riportano quelle che sono state implementate:

Formulazione di Hansen (1970)

$$N_q = \lg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \lg(\varphi)} \quad N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \lg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \lg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \lg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \lg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg \left(\frac{D}{B} \right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \lg(\varphi)} \right]^{\alpha_1} \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \lg(\varphi)} \right]^{\alpha_2} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}} \right)$$

Formulazione di Vesic (1975)

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

Formulazione di Brinch-Hansen

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))} \quad s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))} \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot tg(\varphi)}$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

Formulazione Eurocode 7

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot sen(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = \frac{s_q \cdot (N_q - 1)}{N_q - 1}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - sen(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

- se H è parallela al lato B si ha:

$$i_q = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^3 \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^3 \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se H è parallela al lato L si ha:

$$i_q = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \quad i_\gamma = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}} \right)$$

Si ricorda che per le relazioni sopra riportate nel caso in cui $\varphi = 0 \Rightarrow N_q = 1.0$, $N_\gamma = 1.0$ e $N_c = 2 + \pi$.

Il significato dei termini presenti nelle relazioni su descritte è il seguente:

- V componente verticale del carico agente sulla fondazione
- H componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- α_1 , α_2 esponenti di potenza che variano tra 2 e 5

Nel caso in cui il cuneo di fondazione sia interessato da falda idrica il valore di γ_2 nella formula trinomia assume la seguente espressione:

$$\gamma_2 = \frac{\gamma \cdot z + \gamma_{sat} \cdot (h_c - z)}{h_c} \quad h_c = \frac{B}{2} \cdot tg\left(\frac{90 + \varphi}{2}\right)$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- γ peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa
- γ_{sat} peso per unità di volume saturo del terreno sottostante il piano di posa
- z profondità della falda dal piano di posa
- h_c altezza del cuneo di rottura della fondazione

Tutto ciò che è stato detto sopra è valido nell'ipotesi di terreno con caratteristiche geotecniche omogenee. Nella realtà i terreni costituenti il piano di posa delle fondazioni sono quasi sempre composti, o comunque riconducibili, a formazioni di terreno omogenee di spessore variabile che si sovrappongono (caso di terreni stratificati). In queste condizioni i parametri vengono determinati con la seguente procedura:

- viene determinata l'altezza del cuneo di rottura in funzione delle caratteristiche geotecniche degli strati attraversati; quindi si determina il numero degli strati interessati da esso

- in corrispondenza di ogni superficie di separazione, partendo da quella immediatamente sottostante il piano di posa della fondazione, fino a raggiungere l'altezza del cuneo di rottura, viene determinata la capacità portante di ogni singolo strato come somma di due valori: il primo dato dall'applicazione della formula trinomia alla quota i -esima dello strato; il secondo dato dalla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato in esame

- il minimo di questi due valori sarà assunto come valore massimo della capacità portante della fondazione stratificata

Si può formulare il procedimento anche in forma analitica:

$$q'_{ult} = [q''_{ult} + q_{resT}]_{\min} = \left[q''_{ult} + \frac{p}{A_f} (P_v \cdot K_s \cdot tg(\varphi) + d \cdot c) \right]_{\min}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q''_{ult} carico limite per un'ipotetica fondazione posta alla quota dello strato interessato
- p perimetro della fondazione
- P_v spinta verticale del terreno dal piano di posa allo strato interessato
- K_s coefficiente di spinta laterale del terreno
- d distanza dal piano di posa allo strato interessato

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU ROCCIA

Per la determinazione del carico limite nel caso di presenza di ammasso roccioso bisogna valutare molto attentamente il grado di solidità della roccia stessa. Tale valutazione viene in genere eseguita stimando l'indice *RQD* (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso. Tale indice può variare da un minimo di 0 (caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere è inferiore a 100 mm) ad un massimo di 1 (caso in cui la carota risulta integra) ed è calcolato nel seguente modo:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta} > 100\text{mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}$$

Se il valore di *RQD* è molto basso la roccia è molto frantumata ed il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto alla stregua di un terreno sciolto utilizzando tutte le formulazioni sopra descritte.

Per ricavare la capacità portante di rocce non assimilabili ad ammassi di terreno sciolto sono state implementate due formulazioni: quella di Terzaghi (1943) e quella di Stagg-Zienkiewicz (1968), entrambe correlate all'indice *RQD*. In definitiva il valore della capacità portante sarà espresso dalla seguente relazione:

$$q'_{ult} = q''_{ult} \cdot RQD^2$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q'_{ult} : carico limite dell'ammasso roccioso
- q''_{ult} : carico limite calcolato alla Terzaghi o alla Stagg-Zienkiewicz

In questo caso l'equazione trinomia del carico limite assume la seguente forma:

$$q''_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q + c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

I termini presenti nell'equazione hanno lo stesso significato già visto in precedenza; i coefficienti di forma assumeranno i seguenti valori:

- $s_c = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme $s_c = 1.3$ per fondazioni di tipo quadrato;
- $s_\gamma = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme $s_\gamma = 0.8$ per fondazioni di tipo quadrato.

I fattori adimensionali di portanza a seconda della formulazione adottata saranno:

Formulazione di Terzaghi (1943)

$$N_q = \frac{e^{2 \left(0.75 \cdot \pi - \frac{\varphi}{2} \right) \cdot \text{tg}(\varphi)}}{2 \cdot \cos^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right)} \quad N_\gamma = \frac{\text{tg}(\varphi)}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2(\varphi)} - 1 \right) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\varphi)$$

se $\varphi = 0 \Rightarrow N_c = 1.5 \cdot \pi + 1$

φ	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$K_{p\gamma}$	10.8	12.2	14.7	18.6	25.0	35.0	52.0	82.0	141.0	298.0	800.0

Formulazione di Stagg-Zienkiewicz (1968)

$$N_q = \text{tg}^6 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \quad N_\gamma = N_q + 1 \quad N_c = 5 \cdot \text{tg}^4 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right)$$

VERIFICA A ROTTURA PER SCORRIMENTO DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

Se il carico applicato alla base della fondazione non è normale alla stessa bisogna effettuare anche una verifica per rottura a scorrimento. Rispetto al collasso per scorrimento la resistenza offerta dal sistema fondale viene valutata come somma di due componenti: la prima derivante dall'attrito fondazione-terreno, la seconda derivante dall'adesione. In generale, oltre a queste due componenti, può essere tenuto in conto anche l'effetto della spinta passiva del terreno di ricoprimento esercita sulla fondazione fino ad un massimo del 30%. La formulazione analitica della verifica può essere esposta nel seguente modo:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd} = N_{Sd} \cdot \text{tg}(\delta) + A_f \cdot c_a + S_p \cdot f_{Sp}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- T_{Sd} : componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- N_{Sd} : componente verticale del carico agente sulla fondazione
- c_a : adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- δ : angolo d'attrito fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% dell'angolo di attrito)
- S_p : spinta passiva del terreno di ricoprimento della fondazione

- f_{sp} percentuale di partecipazione della spinta passiva
- A superficie di contatto del piano di posa della fondazione

La verifica deve essere effettuata sia per componenti taglianti parallele alla base della fondazione che per quelle ortogonali.

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI INDOTTE NEL TERRENO

Ai fini del calcolo dei cedimenti è essenziale conoscere lo stato tensionale indotto nel terreno a varie profondità da un carico applicato in superficie. Tale determinazione viene eseguita ipotizzando che il terreno si comporti come un mezzo continuo, elastico-lineare, omogeneo e isotopo. Tale assunzione, utilizzata per la determinazione della variazione delle tensioni verticali dovuta all'applicazione di un carico in superficie, è confortata dalla letteratura (Morgenstern e Phukan) perché la non linearità del materiale poco influenza la distribuzione delle tensioni verticali. Per ottenere un profilo verticale di pressioni si possono utilizzare tre metodi di calcolo: quello di Boussinesq, quello di Westergaard oppure quello di Mindlin; tutti basati sulla teoria del continuo elastico. Il metodo di Westergaard differisce da quello di Boussinesq per la presenza del coefficiente di Poisson " ν ", quindi si adatta meglio ai terreni stratificati. Il metodo di Mindlin differisce dai primi due per la possibilità di posizionare il carico all'interno del continuo elastico mentre i primi due lo pongono esclusivamente sulla frontiera quindi si presta meglio al caso di fondazioni molto profonde. Nel caso di fondazioni poste sulla frontiera del continuo elastico il metodo di Mindlin risulta equivalente a quello di Boussinesq. Le espressioni analitiche dei tre metodi di calcolo sono:

$$\text{Boussinesq} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{3 \cdot Q \cdot z^3}{2 \cdot \pi \cdot (r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \quad \text{Westergaard} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot z^2} \cdot \frac{\sqrt{\frac{1-2 \cdot \nu}{2-2 \cdot \nu}}}{\left(\frac{1-2 \cdot \nu}{2-2 \cdot \nu} + \frac{r^2}{z^2}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera del mezzo
- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

$$\text{Mindlin} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot (1-\nu) \cdot D^2} \left(\frac{-\frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{A^3} + \frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{B^3} - \frac{3 \cdot (m-1)^3}{A^5} - \frac{30 \cdot m \cdot (m+1)^3}{B^7}}{-\frac{3 \cdot (3-4 \cdot \nu) \cdot m \cdot (m+1)^2 - 3 \cdot (m+1) \cdot (5 \cdot m-1)}{B^5}} \right)$$

$$n = \frac{r}{D}; \quad m = \frac{z}{D}; \quad A^2 = n^2 + (m-1)^2; \quad B^2 = n^2 + (m+1)^2$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera o all'interno del mezzo
- D proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dalla frontiera del mezzo
- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

Basandosi sulle ben note equazioni ricavate per un carico puntiforme, l'algoritmo implementato esegue un'integrazione delle equazioni di cui sopra lungo la verticale di ogni punto notevole degli elementi fondali estesa a tutte le aree di carico presenti sulla superficie del terreno; questo consente di determinare la variazione dello stato tensionale verticale " $\Delta\sigma_v$ ". Bisogna sottolineare che, nel caso di pressione, " Q " va definito come "pressione netta", ossia la pressione in eccesso rispetto a quella geostatica esistente che può essere sopportata con sicurezza alla profondità " D " del piano di posa delle fondazioni. Questo perché i cedimenti sono causati solo da incrementi netti di pressione che si aggiungono all'esistente pressione geostatica.

CALCOLO DEI CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE

La determinazione dei cedimenti delle fondazioni assume una rilevanza notevole per il manufatto da realizzarsi, in special modo nella fase di esercizio. Nell'evolversi della fase di cedimento il terreno passa da uno stato di sforzo corrente dovuto al peso proprio ad uno nuovo dovuto all'effetto del carico addizionale applicato. Questa variazione dello stato tensionale produce una serie di movimenti di rotolamento e scorrimento relativo tra i granuli del terreno, nonché deformazioni elastiche e rotture delle particelle costituenti il mezzo localizzate in una limitata zona d'influenza a ridosso dell'area di carico. L'insieme di questi fenomeni costituisce il cedimento che nel caso in esame è verticale. Nonostante la frazione elastica sia modesta, l'esperienza ha dimostrato che ai fini del calcolo dei cedimenti modellare il terreno come materiale pseudoelastico permette di ottenere risultati soddisfacenti. In letteratura sono descritti diversi metodi per il calcolo dei cedimenti ma si ricorda che, qualunque sia il metodo di calcolo, la determinazione del valore del cedimento deve intendersi come la miglior stima delle deformazioni subite dal terreno da attendersi all'applicazione dei carichi. Nel seguito vengono descritte le teorie implementate:

Metodo edometrico, che si basa sulla nota relazione:

$$w_{ed} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_{ed,i}} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $\Delta\sigma_v$, variazione dello stato tensionale verticale alla profondità "z_i" dello strato i-esimo per l'applicazione del carico
- E_{ed} , modulo edometrico del terreno relativo allo strato i-esimo
- Δz , spessore dello strato i-esimo

Si ricorda che questo metodo si basa sull'ipotesi edometrica quindi l'accuratezza del risultato è maggiore quando il rapporto tra lo spessore dello strato deformabile e la dimensione in pianta delle fondazioni è ridotto, tuttavia il metodo edometrico consente una buona approssimazione anche nel caso di strati deformabili di spessore notevole.

Metodo dell'elasticità, che si basa sulle note relazioni:

$$w_{imp.} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \Delta z_i \quad w_{Lib.} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \frac{1-2 \cdot \nu^2}{1-\nu} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $w_{imp.}$, cedimento in condizioni di deformazione laterale impedita
- $w_{Lib.}$, cedimento in condizioni di deformazione laterale libera
- $\Delta\sigma_v$, variazione stato tensionale verticale alla profondità "z_i" dello strato i-esimo per l'applicazione del carico
- E , modulo elastico del terreno relativo allo strato i-esimo
- Δz , spessore dello strato i-esimo

La doppia formulazione adottata consente di ottenere un intervallo di valori del cedimento elastico per la fondazione in esame (valore minimo per $w_{imp.}$ e valore massimo per $w_{Lib.}$).

SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO

Per maggior chiarezza nella lettura dei tabulati di calcolo viene riportata la descrizione dei simboli principali utilizzati nella stesura degli stessi. Per comodità di lettura la legenda è suddivisa in paragrafi con la stessa modalità in cui sono stampati i tabulati di calcolo.

Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

per tipologie travi e plinti superficiali:

- Indice Strat.indice della stratigrafia associata all'elemento
- Prof. Fon.profondità del piano di posa dell'elemento a partire dal piano campagna
- Baselarghezza della sezione trasversale dell'elemento
- Altezzaaltezza della sezione trasversale dell'elemento
- Lung. Elem.dimensione dello sviluppo longitudinale dell'elemento
- Lung. Travatanel caso l'elemento appartenga ad un macroelemento, rappresenta la dimensione dello sviluppo longitudinale del macroelemento

per tipologia platea:

- Indice Strat.indice della stratigrafia associata all'elemento
- Prof. Fon.profondità del piano di posa dell'elemento dal piano campagna
- Dia. Eq.diametro del cerchio equivalente alla superficie dell'elemento
- Spessorespessore dell'elemento
- Superficiesuperficie dell'elemento
- Vert. Elem.Numero dei vertici che costituiscono l'elemento
- Macronel caso l'elemento appartenga ad un macroelemento, rappresenta il numero del macroelemento

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga nella quale sono riportate le caratteristiche geometriche del plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Dati di carico degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

per tipologie travi e plinti superficiali:

- Cmbnumero della combinazione di carico
- Tipologiatipologia della combinazione di carico
- Sismicaflag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- Ecc. Beccentricità del carico normale agente sul piano di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- Ecc. Leccentricità del carico normale agente sul piano di fondazione in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- S.Taglio Bsfuerzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- S.Taglio Lsfuerzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento

- S.Normalecarico normale agente sul piano di fondazione
- T.T.minminimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale
- T.T.maxmassimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale

per tipologia platea:

- Cmbnumero della combinazione di carico
- Tipologiatipologia della combinazione di carico
- Sismicaflag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- Press. N1tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 1 dell'elemento
- Press. N2tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 2 dell'elemento
- Press. N3tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 3 dell'elemento
- Press. N4tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 4 dell'elemento
- S.Taglio Xsforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse X del riferimento globale
- S.Taglio Ysforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse Y del riferimento globale

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga nella quale sono riportate le macroazioni (integrale delle azioni applicate sui singoli elementi che compongono la platea) agenti sul plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Valori di calcolo della portanza per fondazioni superficiali

- Cmbnumero della combinazione di carico
- Qlimcapacità portante totale data dalla somma di Qlim q, Qlim g, Qlim c e di Qres P (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla portanza ammissibile)
- Qlim qtermine relativo al sovraccarico della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim gtermine relativo alla larghezza della base di fondazione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim ctermine relativo alla coesione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qres Ptermine relativo alla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato di rottura. Diverso da zero solo nel caso di terreni stratificati dove lo strato di rottura è diverso dal primo (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qmax / Qlimrapporto tra il massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale ed il valore della capacità portante (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- TBlimvalore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- TB / TBlimrapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- TLLimvalore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- TL / TLLimrapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Sgm. Lt.tensione litostatica agente alla quota del piano di posa dell'elemento fondale

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga nella quale sono riportate le verifiche di portanza del plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Valori di calcolo dei cedimenti per fondazioni superficiali

- Cmbnumero della combinazione di carico e tipologia
- Nodovertece dell'elemento in cui viene calcolato il cedimento
- Car. Nettovalore del carico netto applicato sulla superficie del terreno
- Cedimento/ivalore del cedimento (nel caso di calcolo di cedimenti elastici i valori riportati sono due, il primo corrisponde al cedimento $w_{imp.}$, mentre il secondo al cedimento $w_{lib.}$)

PARAMETRI DI CALCOLO

Metodi di calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Per terreni sciolti: Vesic
- Per terreni lapidei: Terzaghi

Fattori utilizzati per il calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

- Riduzione dimensioni per eccentricità: si
- Fattori di forma della fondazione: si
- Fattori di profondità del piano di posa: si

- Fattori di inclinazione del carico: si
- Fattori di punzonamento (Vesic): si
- Fattore riduzione effetto piastra (Bowles): si
- Fattore di riduzione dimensione Base equivalente platea: 20,0 %
- Fattore di riduzione dimensione Lunghezza equivalente platea: 20,0 %

Coefficienti parziali di sicurezza per Tensioni Ammissibili, SLE nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Coeff. parziale di sicurezza Fc (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza Fq (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza Fg (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza Fc (sismico): 3,00
- Coeff. parziale di sicurezza Fq (sismico): 3,00
- Coeff. parziale di sicurezza Fg (sismico): 3,00

Combinazioni di carico:

APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali di sicurezza per SLU nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per Tan f (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per Cu (statico): 1
- Coeff. M1 per Tan f (sismico): 1
- Coeff. M1 per c' (sismico): 1
- Coeff. M1 per Cu sismico): 1
- Coeff. R3 capacità portante (statico e sismico): 2,30
- Coeff. R3 scorrimento (statico e sismico): 1,10

Parametri per la verifica a scorrimento delle fondazioni superficiali:

- Fattore per l'adesione ($6 < Ca < 10$): 8
- Fattore per attrito terreno-fondazione ($5 < Delta < 10$): 7
- Frazione di spinta passiva fSp: 30,00 %
- Coeff. resistenza sulle sup. laterali: 1,30

Metodi e parametri per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali:

- Metodo di calcolo tensioni superficiali: Boussinesq
- Modalità d'interferenza dei bulbi tensionali: sovrapposizione dei bulbi
- Metodo di calcolo dei cedimenti del terreno: cedimenti edometrici

ARCHIVIO STRATIGRAFIE

Indice / Descrizione: 001 / Castel Giorgio 2

Numero strati: 2

Profondità falda: assente

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito Neg.
1	da 0,0 a -400,0 cm	400,0 cm	003 / Argille LIMOSE SUPERFICIALI	Assente
2	da -400,0 a -740,0 cm	340,0 cm	004 / Argille LIMOSE SUPERFICIALI	Assente
2	da -740,0 a -1100,0 cm	360,0 cm	004 / Argille LIMOSE SUPERFICIALI	Assente

ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: **003 / Argille limose superficiali**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Cu	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cmc	daN/cmc	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	
0.00140	0.00175	0.400	100.000	70.000	40.0	0.300	0.62

Indice / Descrizione terreno: **004 / Argille limose superficiali**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Cu	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cmc	daN/cmc	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	

daN/cmc	daN/cmc	daN/cm ^q	daN/cm ^q	daN/cm ^q	%	%	
0.00140	0.00175	0.300	75.000	60.000	40.0	0.300	0.62

DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento	Id. strato	Prof. fond.	Spessore	Dia. Eq.	Superficie	Vertici	Macro
Tipo e n.	n.	cm	cm	cm	cm ²	n. per elem.	n.
Platea 1	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 2	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 3	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 4	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 5	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 6	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 7	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 8	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 9	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 10	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 11	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 12	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 13	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 14	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 15	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 16	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 17	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 18	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 19	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 20	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 21	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 22	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 23	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 24	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 25	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 26	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 27	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 28	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 29	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 30	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 31	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 32	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 33	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 34	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 35	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 36	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 37	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 38	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 39	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 40	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 41	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 42	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 43	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 44	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 45	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 46	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 47	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 48	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 49	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 50	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 51	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 52	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 53	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 54	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 55	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1
Platea 56	001	30.000	30.000	56.419	2500.000	4	1

[illegible]

[illegible]

[illegible]

VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

La verifica nei confronti dello Stato Limite di Danno viene eseguita determinando il carico limite della fondazione per le corrispondenti azioni di SLD, impiegando i coefficienti parziali γ_{Rd} di cui alla tabella 7.11.II.

Macro platea: 1

Verifica di portanza verticale:

002 SLU STR	0.9317	0.0222	0.00E+00	0.00E+00	0.9539	0.2694	0.2824
023 SLV A1 Sism	0.8904	0.0222	0.00E+00	0.00E+00	0.9126	0.1937	0.2123
053 SLD Sism	0.9126	0.0222	0.00E+00	0.00E+00	0.9347	0.1890	0.2022

Verifica di scorrimento longitudinale e trasversale:

Cmb.	TL	TLlim	TL / TLlim	Cmb.	TB	TBlim	TB / TBlim
Num. e tipo	daN	daN	Ok < 1	Num. e tipo	daN	daN	Ok < 1
003 SLU STR	0.0	101105.3	0.0000	004 SLU STR	0.0	106246.8	0.0000
005 SLV A1 Sism	13428.8	99147.9	0.1354	023 SLV A1 Sism	13583.6	101819.4	0.1334
037 SLD Sism	6305.7	99932.8	0.0631	057 SLD Sism	6383.4	103284.4	0.0618

Sollecitazioni:

Cmb	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n. e tipo	cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
002 SLU STR	0.000	0.000	0.0	0.0	-93801.6	-0.0990	-0.2694
003 SLU STR	0.000	0.000	0.0	0.0	-62573.5	-0.0687	-0.1751
004 SLU STR	0.000	0.000	0.0	0.0	-73373.5	-0.0771	-0.2113
005 SLV A1 Sism	-1.238	4.081	-4075.1	13428.8	-65453.5	-0.0695	-0.1874
023 SLV A1 Sism	-4.128	-1.224	-13583.6	-4028.6	-65453.5	-0.0700	-0.1937
037 SLD Sism	-0.582	1.916	-1915.0	6305.7	-65453.6	-0.0704	-0.1860
053 SLD Sism	-1.940	0.575	-6383.4	1891.7	-65453.5	-0.0704	-0.1890
057 SLD Sism	-1.940	0.575	-6383.4	1891.7	-65453.6	-0.0704	-0.1890

VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento: Platea macro n. 1

Cedimento massimo = -0.178 cm in Cmb n. 070

Cedimento minimo = -0.014 cm in Cmb n. 069

Sollecitazioni:

Cmb	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n. e tipo	cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
069 SLE rare	0.000	0.000	0.0	0.0	-63293.5	-0.0693	-0.1775
070 SLE rare	0.000	0.000	0.0	0.0	-70493.5	-0.0749	-0.2016

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE TRACKERS

PREMESSA

La presente relazione di calcolo strutturale, in conformità al §10.1 del DM 17/01/18, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica. Segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 del DM stesso per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo.

Nella presente parte sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto esecutivo riguardante le strutture, in relazione agli strumenti urbanistici, al progetto architettonico, al progetto delle componenti tecnologiche in generale ed alle prestazioni attese dalla struttura.

DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Descrizione generale dell'opera	
Fabbricato ad uso	CENTRALE SOLARE – STRUTTURA TRACKERS FOTOVOLTAICI
Ubicazione	Comune di FINALE EMILIA (MO) (Regione EMILIA-ROMAGNA)
	Località FINALE EMILIA (MO)
	Longitudine 11.294, Latitudine 44.833

Parametri della struttura			
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]
IV	100.0	2.0	200.0

Fattore di struttura/comportamento		
Calcolo dei fattori di comportamento secondo il D.M. 17/01/2018		
Caratteristiche costruzione		
Tipologia	Nuova	
Regolarità pianta	NO	
Regolarità altezza	SI	
Classe di duttilità	ND	
Sistema costruttivo	Acciaio o composto acciaio-calcestruzzo	
Tipologia strutturale	Altre tipologie	
Parametri		
q ₀	1.000	
K _R	1.0	
q _D = q ₀ • K _R	1.000	
q _{ND} = 2/3 • q _D	1.000 (≤1.5)	
Fattori di comportamento		
	Dissipativi	Non dissipativi
q SLU x	1.000	1.000
q SLU y	1.000	1.000
q SLU z	1.500	1.500

QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO

Le norme ed i documenti assunti quale riferimento per la progettazione strutturale vengono indicati di seguito.

Nel capitolo “normativa di riferimento” è comunque presente l’elenco completo delle normative disponibili.

Progetto-verifica degli elementi	
Progetto cemento armato	D.M. 17-01-2018
Progetto acciaio	D.M. 17-01-2018
Progetto legno	D.M. 17-01-2018
Progetto muratura	D.M. 17-01-2018
Azione sismica	
Norma applicata per l’azione sismica	D.M. 17-01-2018

AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE

Nei capitoli “modellazione delle azioni” e “schematizzazione dei casi di carico” sono indicate le azioni sulla costruzioni.

Nel prosieguo si indicano tipo di analisi strutturale condotta (statico,dinamico, lineare o non lineare) e il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale nonché le metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni. Si riportano le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti; le configurazioni studiate per la struttura in esame *sono risultate effettivamente esaustive per la progettazione-verifica*.

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L’analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici. L’analisi strutturale è condotta con il metodo dell’analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L’analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell’ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F}$ dove $\mathbf{K}$ = matrice di rigidezza

$\mathbf{u}$ = vettore spostamenti nodali

$\mathbf{F}$ = vettore forze nodali

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all’elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l’asse Z verticale ed orientato verso l’alto.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

Elemento tipo **TRUSS** (biella-D2)

Elemento tipo **BEAM** (trave-D2)

Elemento tipo **MEMBRANE** (membrana-D3)

Elemento tipo **PLATE** (piastra-guscio-D3)

Elemento tipo **BOUNDARY** (molla)

Elemento tipo **STIFFNESS** (matrice di rigidezza)

Elemento tipo **BRICK** (elemento solido)

Elemento tipo **SOLAIO** (macro elemento composto da più membrane)

MODELLO NUMERICO

In questa parte viene descritto il modello numerico utilizzato (o i modelli numerici utilizzati) per l’analisi

della struttura. La presentazione delle informazioni deve essere, coerentemente con le prescrizioni del paragrafo 10.2 e relativi sottoparagrafi delle NTC-18, tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità

Tipo di analisi strutturale	
Sismica statica lineare	SI
Sismica dinamica lineare	NO
Sismica statica non lineare (prop. masse)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo)	NO
Sismica statica non lineare (triangolare)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO
Analisi lineare	SI

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2024-10-201)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Codice Licenza:	Licenza dsi4896

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software **ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico**. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

Affidabilità dei codici utilizzati	
2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.	
E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/	

Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:	
nodi	121
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	120
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	0
elementi solaio	28
elementi solidi	0
Dimensione del modello strutturale [cm]:	
X min =	-1434.00
Xmax =	1434.00
Ymin =	-70.00
Ymax =	70.00
Zmin =	0.00
Zmax =	370.00
Strutture verticali:	
Elementi di tipo asta	NO
Pilastri	SI

Pareti	NO
Setti (a comportamento membranale)	NO
Strutture non verticali:	
Elementi di tipo asta	NO
Travi	SI
Gusci	NO
Membrane	NO
Orizzontamenti:	
Solai con la proprietà piano rigido	NO
Solai senza la proprietà piano rigido	SI
Tipo di vincoli:	
Nodi vincolati rigidamente	SI
Nodi vincolati elasticamente	NO
Nodi con isolatori sismici	NO
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	NO
Fondazioni di tipo trave	NO
Fondazioni di tipo platea	NO
Fondazioni con elementi solidi	NO

MODELLAZIONE DELLE AZIONI

Si veda il capitolo “**Schematizzazione dei casi di carico**” per le informazioni necessarie alla comprensione ed alla ricostruzione delle azioni applicate al modello numerico, coerentemente con quanto indicato nella parte “2.6. Azioni di progetto sulla costruzione”.

COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO

Si veda il capitolo “**Definizione delle combinazioni**” in cui sono indicate le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti.

Combinazioni dei casi di carico	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	SI
SLC	NO
SLD	SI
SLO	NO
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO
SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	NO

Informazioni generali sull’elaborazione e giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l’individuazione di errori di modellazione. Al termine dell’analisi un controllo automatico identifica la presenza di

spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. Si allega al termine della presente relazione elenco sintetico dei controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.) .

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLU vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità ed i criteri seguiti per valutare la sicurezza della struttura nei confronti delle possibili situazioni di crisi ed i risultati delle valutazioni svolte. In via generale, oltre alle verifiche di resistenza e di spostamento, devono essere prese in considerazione verifiche nei confronti dei fenomeni di instabilità, locale e globale, di fatica, di duttilità, di degrado.

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLE vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità seguite per valutare l'affidabilità della struttura nei confronti delle possibili situazioni di perdita di funzionalità (per eccessive deformazioni, fessurazioni, vibrazioni, etc.) ed i risultati delle valutazioni svolte.

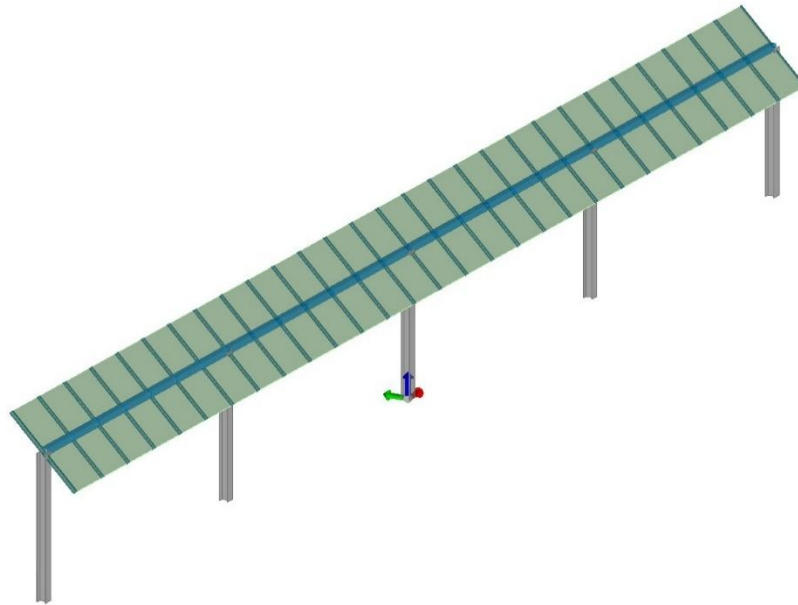
NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
2. Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
3. D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
4. D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
5. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
6. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
7. Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. 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. 16/01/96.
8. Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
9. D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
10. Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
11. D.M. LL.PP. 11 Marzo 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".
12. D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
13. UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001
14. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.
15. UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.

16. UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.
17. UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
18. UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.
19. UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
20. UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.
21. UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
22. UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.
23. UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
24. UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.
25. UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
26. UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.
27. UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici.
28. UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.
29. UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.
30. UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.
31. UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
32. UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
33. UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.
34. UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
35. CNR DT-200/2013 - Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati
36. CNR DT-215/2018 - Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica

NOTA: il presente capitolo riporta l'elenco delle normative implementate nel software. Le norme utilizzate per la struttura oggetto della presente relazione sono indicate nel precedente capitolo "RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE" "ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO".

Laddove nei capitoli successivi vengano richiamate normative antecedenti al DM 17.01.18 è dovuto alla progettazione simulata di edificio esistente.



MODELLO 3D

CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI

Il programma consente l'uso di materiali diversi. Sono previsti i seguenti tipi di materiale:

1	materiale tipo cemento armato
2	materiale tipo acciaio
3	materiale tipo muratura
4	materiale tipo legno
5	materiale tipo generico

I materiali utilizzati nella modellazione sono individuati da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni materiale vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Young	modulo di elasticità normale E
Poisson	coefficiente di contrazione trasversale ν
G	modulo di elasticità tangenziale
Gamma	peso specifico
Alfa	coefficiente di dilatazione termica
Fattore di confidenza FC m	Fattore di confidenza specifico per materiale; (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)
Fattore di confidenza FC a	Fattore di confidenza specifico per l'armatura (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)
Elasto-plastico	Materiale elastico perfettamente plastico per aste non lineari
Massima compressione	Massima tensione di compressione per aste non lineari
Massima trazione	Massima tensione di trazione per aste non lineari
Fattore attrito	Coefficiente di attrito per aste non lineari
Rapporto HRDb	Rapporto di hardening a flessione
Rapporto HRDv	Rapporto di hardening a taglio

I dati soprariportati vengono utilizzati per la modellazione dello schema statico e per la determinazione dei carichi inerziali e termici. In relazione al tipo di materiale vengono riportati inoltre:

1	c.a.	Resistenza Rc Resistenza fctm Coefficiente ksb	resistenza a compressione cubica resistenza media a trazione semplice Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da utilizzare nello stress block
2	acciaio	Tensione ft Tensione fy Resistenza fd Resistenza fd (>40) Tensione ammissibile Tensione ammissibile(>40)	Valore della tensione di rottura Valore della tensione di snervamento Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011 Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm Tensione ammissibile CNR-UNI 10011 Tensione ammissibile CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm
3	muratura	Muratura consolidata Incremento resistenza Incremento rigidezza Resistenza f Resistenza fv0 Resistenza fh Resistenza fb Resistenza fbh Resistenza fv0h Resistenza ft Resistenza fvim Resistenza fbt Coefficiente mu Coefficiente fi Coefficiente ksb	Muratura per la quale si prevedono interventi di rinforzo" Incremento conseguito in termini di resistenza Incremento conseguito in termini di rigidezza Valore della resistenza a compressione Valore della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali Valore della resistenza a compressione orizzontale Valore della resistenza a compressione dei blocchi Valore della resistenza a compressione dei blocchi in direzione orizzontale Valore della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali per le travi Valore della resistenza a trazione per fessurazione diagonale Valore della massima resistenza a taglio Valore della resistenza a trazione dei blocchi Coefficiente d'attrito utilizzato per la resistenza a taglio Coefficiente d'ingranamento utilizzato per la resistenza a taglio Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da utilizzare nello stress block
4	legno	E0,05 Resistenza fc0 Resistenza ft0 Resistenza fm Resistenza fv Resist. ft0k Resist. fmk Resist. fvk Modulo E0,05 Lamellare	Modulo di elasticità corrispondente ad un frattile del 5% Valore della resistenza a compressione parallela Valore della resistenza a trazione parallela Valore della resistenza a flessione Valore della resistenza a taglio Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per trazione Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per flessione Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per taglio Modulo elastico parallelo caratteristico lamellare o massiccio

Nel tabulato si riportano sia i valori caratteristici che medi utilizzando gli uni e/o gli altri in relazione alle richieste di normativa ed alla tipologia di verifica. (Cap.7 NTC18 per materiali nuovi, Cap.8 NTC18 e relativa circolare 21/01/2019 per materiali esistenti, Linee Guida Reluis per incamiciatura CAM, CNR-DT 200 per interventi con FRP, CNR-DT 215 per interventi con FRCM)

Vengono inoltre riportate le tabelle contenenti il riassunto delle informazioni assegnate nei criteri di progetto in uso.

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poiss on	G	Gamm a	Alfa	Altri
		daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²		daN/cm ²	daN/cm ³		
12	Acciaio Fe430 - S275			2.100e+06	0.30	8.077e+05	7.85e-03	1.20e-05	
	Tensione ft	4300.0							
	Resistenza fd	2750.0							
	Resistenza fd (>40)	2500.0							
	Tensione ammissibile	1900.0							
	Tensione ammissibile (>40)	1700.0							
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05

Pilastri acc.	1/7/..	2/8/.	3/9/.	4/10/.	5/11/.	6/12/.
Lunghezze libere		.	.	..	..	..
Metodo di calcolo 2-2	Assegnato					
2-2 Beta assegnato	2.00					
2-2 Beta * L assegnato [cm]	0.0					
Metodo di calcolo 3-3	Assegnato					
3-3 Beta assegnato	2.00					
3-3 Beta * L assegnato [cm]	0.0					
1-1 Beta assegnato	1.00					
1-1 Beta * L assegnato [cm]	0.0					
Generalità						
Coefficiente gamma M0	1.05					
Coefficiente gamma M1	1.05					
Coefficiente gamma M2	1.25					
Effetti del 2 ordine	SI					
Momenti equivalenti	SI					
Usa condizioni I e II	SI					

Travi acc.	1/7/.	2/8/.	3/9/.	4/10/.	5/11/.	6/12/.
Lunghezze libere	.	.	.	..	..	..

Travi acc.	1/7/.	2/8/.	3/9/.	4/10/.	5/11/.	6/12/.
	.	.	.	..	..	..
3-3 Beta * L automatico	SI					
3-3 Beta assegnato	1.00					
3-3 Beta assegnato [cm]	0.0					
2-2 Beta * L automatico	SI					
2-2 Beta assegnato	1.00					
2-2 Beta * L assegnato [cm]	0.0					
1-1 Beta * L automatico	SI					
1-1 Beta assegnato	1.00					
1-1 Beta * L assegnato [cm]	0.0					
Generalità						
Coefficiente gamma M0	1.05					
Coefficiente gamma M1	1.05					
Coefficiente gamma M2	1.25					
Luce di taglio per GR [cm]	1.00					
Usa condizioni I e II	SI					
Momenti equivalenti	SI					

Solai e pannelli	1/7/..	2/8/.	3/9/.	4/10/.	5/11/.	6/12/.
		.	.	..	..	..
Generalità						
Usa tensioni ammissibili	NO					
Af inf: da traliccio	SI					
Consenti armatura a taglio	NO					
Incrementa armatura longitudinale per taglio	SI					
Af inf: da $q \cdot L \cdot L /$	20.00					
Incremento fascia piena [cm]	5.00					
Armatura						
Minima tesa	0.15					
Massima tesa	3.00					
Minima compressa	0.0					
Af/h [cm]	7.000e-02					
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm2]	4500.00					
Tipo acciaio	tipo C					
Coefficiente gamma s	1.15					
Coefficiente gamma c	1.50					
Fattore di redistribuzione	0.0					
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm2]	85.00					
Tensione amm. acciaio	2600.00					

Solai e pannelli	1/7/..	2/8/.	3/9/.	4/10/	5/11/	6/12/
		.	.	..	..	..
[daN/cm ²]						
Rapporto omogeneizzazione N	15.00					
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00					
Verifica freccia						
Infinita	250.00					
Istantanea	500.00					
Fattore viscosità	3.00					
Usa J non fessurato	NO					
Elementi non strutturali						
Tamponatura antiespulsione Danesi	NO					
Tamponatura con armatura	NO					
Fattore di struttura/comportamento	2.00					
Coefficiente gamma m	0.0					
Periodo Ta	0.0					
Altezza pannello	0.0					

MODELLAZIONE DELLE SEZIONI

LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI

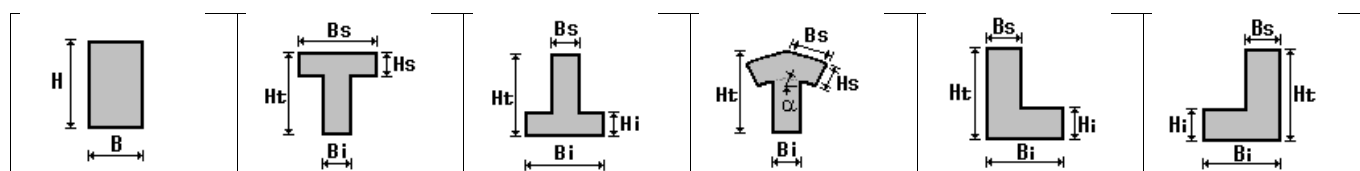
Il programma consente l'uso di sezioni diverse. Sono previsti i seguenti tipi di sezione:

1. sezione di tipo generico
2. profilati semplici
3. profilati accoppiati e speciali

Le sezioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni sezione vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Area	area della sezione
A V2	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 2)
A V3	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 3)
Jt	fattore torsionale di rigidezza
J2-2	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2
J3-3	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3
W2-2	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 2
W3-3	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 3
Wp2-2	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2
Wp3-3	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3

I dati sopra riportati vengono utilizzati per la determinazione dei carichi inerziali e per la definizione delle rigidezze degli elementi strutturali; qualora il valore di Area V2 (e/o Area V3) sia nullo la deformabilità per taglio V2 (e/o V3) è trascurata. La valutazione delle caratteristiche inerziali delle sezioni è condotta nel riferimento 2-3 dell'elemento.



rettangolare	a T	a T rovescia	a T di colmo	a L	a L specchiata
a L specchiata rovescia	a L rovescia	a L di colmo	a doppio T	a quattro specchiata	a quattro
a U	a C	a croce	circolare	rettangolare cava	circolare cava

Per quanto concerne i profilati semplici ed accoppiati l'asse 2 del riferimento coincide con l'asse x riportato nei più diffusi profilati.

Per quanto concerne le sezioni di tipo generico (tipo 1.):

i valori dimensionali con prefisso B sono riferiti all'asse 2

i valori dimensionali con prefisso H sono riferiti all'asse 3

Id	Tipo	Are a	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	HEA 200	53.80	0.0	0.0	21.00	1336.00	3692.00	133.60	388.60	203.80	429.50
2	T.QU 150x4	23.36	0.0	0.0	1246.72	830.52	830.52	110.73	110.73	127.92	127.92
3	OMG PROFILO SOSTEGNO PANNELLI	8.30	0.0	0.0	3.50	78.65	30.11	12.89	10.63	22.74	14.42

MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI

LEGENDA TABELLA DATI NODI

Il programma utilizza per la modellazione nodi strutturali.

Ogni nodo è individuato dalle coordinate cartesiane nel sistema di riferimento globale (X Y Z).

Ad ogni nodo è eventualmente associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale, ed un set di sei molle (tre per le traslazioni, tre per le rotazioni). Le tabelle sottoriportate riflettono le succitate possibilità. In particolare per ogni nodo viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z

Per i nodi ai quali sia associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale o un set di molle viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z

Note	eventuale codice di vincolo (es. v=110010 sei valori relativi ai sei gradi di libertà previsti per il nodo TxTyTzRxRyRz, il valore 1 indica che lo spostamento o rotazione relativo è impedito, il valore 0 indica che lo spostamento o rotazione relativo è libero).
Note	(FS = 1, 2,...) eventuale codice del tipo di fondazione speciale (1, 2,... fanno riferimento alle tipologie: plinto, palo, plinto su pali,...) che è collegato al nodo. (ISO = "id SIGLA") indice e sigla identificativa dell' eventuale isolatore sismico assegnato al nodo
Rig. TX	valore della rigidezza dei vincoli elastici eventualmente applicati al nodo, nello specifico TX (idem per TY, TZ, RX, RY, RZ).

Per strutture sismicamente isolate viene inoltre inserita la tabella delle caratteristiche per gli isolatori utilizzati; le caratteristiche sono indicate in conformità al cap. 7.10 del D.M. 17/01/18

TABELLA DATI NODI

Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z
	cm	cm	cm		cm	cm	cm		cm	cm	cm
1	-1331.4	70.0	370.0	2	-1331.4	0.0	300.0	3	-1331.4	-70.0	230.0
4	-1229.0	70.0	370.0	6	-1434.0	0.0	300.0	8	-717.0	0.0	300.0
10	0.0	0.0	300.0	12	717.0	0.0	300.0	13	-1434.0	-70.0	230.0
14	-717.0	-70.0	230.0	15	-1434.0	70.0	370.0	16	-717.0	70.0	370.0
17	-1229.0	-70.0	230.0	18	-1229.0	0.0	300.0	20	1434.0	0.0	300.0
21	-819.4	0.0	300.0	22	-819.4	-70.0	230.0	23	-819.4	70.0	370.0
24	-921.8	0.0	300.0	25	-921.8	-70.0	230.0	26	-921.8	70.0	370.0
27	-1024.2	0.0	300.0	28	-1024.2	-70.0	230.0	29	-1024.2	70.0	370.0
30	-1126.6	0.0	300.0	31	-1126.6	-70.0	230.0	32	-1126.6	70.0	370.0
33	-614.4	70.0	370.0	34	-614.4	-70.0	230.0	35	-512.0	70.0	370.0
36	1229.2	-70.0	230.0	37	0.0	-70.0	230.0	38	1229.2	70.0	370.0
39	0.0	70.0	370.0	40	-512.0	-70.0	230.0	41	-102.4	-70.0	230.0
42	-102.4	70.0	370.0	43	-204.8	-70.0	230.0	44	-204.8	70.0	370.0
45	-307.2	-70.0	230.0	46	-307.2	70.0	370.0	47	-409.6	-70.0	230.0
48	-409.6	70.0	370.0	49	102.6	70.0	370.0	50	102.6	-70.0	230.0
51	205.0	70.0	370.0	52	1126.8	-70.0	230.0	53	717.0	-70.0	230.0
54	1126.8	70.0	370.0	55	717.0	70.0	370.0	56	205.0	-70.0	230.0
57	614.6	-70.0	230.0	58	614.6	70.0	370.0	59	512.2	-70.0	230.0
60	512.2	70.0	370.0	61	409.8	-70.0	230.0	62	409.8	70.0	370.0
63	307.4	-70.0	230.0	64	307.4	70.0	370.0	65	819.6	70.0	370.0
66	819.6	-70.0	230.0	67	922.0	70.0	370.0	68	1024.4	-70.0	230.0
69	1434.0	-70.0	230.0	70	1024.4	70.0	370.0	71	1434.0	70.0	370.0
72	922.0	-70.0	230.0	73	1331.6	-70.0	230.0	74	1331.6	70.0	370.0
75	1126.8	0.0	300.0	76	1331.6	0.0	300.0	77	-409.6	0.0	300.0
78	-204.8	0.0	300.0	79	-614.4	0.0	300.0	80	-512.0	0.0	300.0
81	-307.2	0.0	300.0	82	-102.4	0.0	300.0	83	922.0	0.0	300.0
84	307.4	0.0	300.0	85	1229.2	0.0	300.0	86	512.2	0.0	300.0
87	102.6	0.0	300.0	88	205.0	0.0	300.0	89	409.8	0.0	300.0
90	614.6	0.0	300.0	91	1024.4	0.0	300.0	92	819.6	0.0	300.0
93	-1434.0	35.0	335.0	94	1126.8	35.0	335.0	95	-1126.6	35.0	335.0
96	-1331.4	35.0	335.0	97	-1229.0	35.0	335.0	98	-921.8	35.0	335.0
99	-1024.2	35.0	335.0	100	-819.4	35.0	335.0	101	-717.0	35.0	335.0
102	1331.6	35.0	335.0	103	-409.6	35.0	335.0	104	-614.4	35.0	335.0
105	-512.0	35.0	335.0	106	-204.8	35.0	335.0	107	-307.2	35.0	335.0
108	-102.4	35.0	335.0	109	0.0	35.0	335.0	110	922.0	35.0	335.0
111	307.4	35.0	335.0	112	1229.2	35.0	335.0	113	102.6	35.0	335.0
114	205.0	35.0	335.0	115	512.2	35.0	335.0	116	409.8	35.0	335.0
117	614.6	35.0	335.0	118	717.0	35.0	335.0	119	1434.0	35.0	335.0
120	1024.4	35.0	335.0	121	819.6	35.0	335.0				

Nodo	X	Y	Z	Note	Rig. TX	Rig. TY	Rig. TZ	Rig. RX	Rig. RY	Rig. RZ
-------------	----------	----------	----------	-------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.



Elem. O	Note	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	Crit.	Rotaz.	Svincolo I	Svincolo J	Wink V	Wink
							gradi			daN/cm3	
										daN/cm3	
1	Trave	6	93	12	3	1					
2	Trave	75	94	12	3	1	180.00				
3	Pilas.	5	6	12	1	1	270.00				
4	Pilas.	7	8	12	1	1	270.00				
5	Pilas.	9	10	12	1	1	270.00				
6	Pilas.	11	12	12	1	1	270.00				
7	Trave	27	24	12	2	1					

8	Trave	21	8	12	2	1	
9	Trave	6	2	12	2	1	
10	Trave	2	18	12	2	1	
11	Trave	18	30	12	2	1	
12	Trave	30	95	12	3	1	180.00
13	Trave	31	30	12	3	1	180.00
14	Trave	13	6	12	3	1	
15	Trave	52	75	12	3	1	180.00
16	Trave	24	21	12	2	1	
17	Trave	25	24	12	3	1	180.00
18	Trave	2	96	12	3	1	180.00
19	Trave	3	2	12	3	1	180.00
20	Trave	17	18	12	3	1	180.00
21	Trave	18	97	12	3	1	180.00
22	Pilas.	19	20	12	1	1	270.00
23	Trave	24	98	12	3	1	180.00
24	Trave	30	27	12	2	1	
25	Trave	27	99	12	3	1	180.00
26	Trave	28	27	12	3	1	180.00
27	Trave	22	21	12	3	1	180.00
28	Trave	21	100	12	3	1	180.00
29	Trave	8	101	12	3	1	180.00
30	Trave	76	102	12	3	1	180.00
31	Trave	77	103	12	3	1	180.00
32	Trave	47	77	12	3	1	180.00
33	Trave	14	8	12	3	1	180.00
34	Trave	73	76	12	3	1	180.00
35	Trave	43	78	12	3	1	180.00
36	Trave	79	104	12	3	1	180.00
37	Trave	34	79	12	3	1	180.00
38	Trave	40	80	12	3	1	180.00
39	Trave	80	105	12	3	1	180.00
40	Trave	78	106	12	3	1	180.00
41	Trave	81	107	12	3	1	180.00
42	Trave	45	81	12	3	1	180.00
43	Trave	41	82	12	3	1	180.00
44	Trave	82	108	12	3	1	180.00
45	Trave	10	109	12	3	1	180.00
46	Trave	83	110	12	3	1	180.00
47	Trave	84	111	12	3	1	180.00
48	Trave	63	84	12	3	1	180.00
49	Trave	37	10	12	3	1	180.00
50	Trave	85	112	12	3	1	180.00
51	Trave	59	86	12	3	1	180.00
52	Trave	87	113	12	3	1	180.00
53	Trave	50	87	12	3	1	180.00
54	Trave	56	88	12	3	1	180.00
55	Trave	88	114	12	3	1	180.00
56	Trave	86	115	12	3	1	180.00
57	Trave	89	116	12	3	1	180.00
58	Trave	61	89	12	3	1	180.00
59	Trave	57	90	12	3	1	180.00
60	Trave	90	117	12	3	1	180.00
61	Trave	12	118	12	3	1	180.00
62	Trave	20	119	12	3	1	
63	Trave	91	120	12	3	1	180.00

64	Trave	68	91	12	3	1	180.00
65	Trave	53	12	12	3	1	180.00
66	Trave	69	20	12	3	1	
67	Trave	36	85	12	3	1	180.00
68	Trave	92	121	12	3	1	180.00
69	Trave	66	92	12	3	1	180.00
70	Trave	72	83	12	3	1	180.00
71	Trave	81	78	12	2	1	
72	Trave	82	10	12	2	1	
73	Trave	8	79	12	2	1	
74	Trave	79	80	12	2	1	
75	Trave	80	77	12	2	1	
76	Trave	78	82	12	2	1	
77	Trave	77	81	12	2	1	
78	Trave	89	86	12	2	1	
79	Trave	90	12	12	2	1	
80	Trave	10	87	12	2	1	
81	Trave	87	88	12	2	1	
82	Trave	88	84	12	2	1	
83	Trave	86	90	12	2	1	
84	Trave	84	89	12	2	1	
85	Trave	75	85	12	2	1	
86	Trave	76	20	12	2	1	
87	Trave	12	92	12	2	1	
88	Trave	92	83	12	2	1	
89	Trave	83	91	12	2	1	
90	Trave	85	76	12	2	1	
91	Trave	91	75	12	2	1	
92	Trave	93	15	12	3	1	
93	Trave	94	54	12	3	1	180.00
94	Trave	95	32	12	3	1	180.00
95	Trave	96	1	12	3	1	180.00
96	Trave	97	4	12	3	1	180.00
97	Trave	98	26	12	3	1	180.00
98	Trave	99	29	12	3	1	180.00
99	Trave	100	23	12	3	1	180.00
100	Trave	101	16	12	3	1	180.00
101	Trave	102	74	12	3	1	180.00
102	Trave	103	48	12	3	1	180.00
103	Trave	104	33	12	3	1	180.00
104	Trave	105	35	12	3	1	180.00
105	Trave	106	44	12	3	1	180.00
106	Trave	107	46	12	3	1	180.00
107	Trave	108	42	12	3	1	180.00
108	Trave	109	39	12	3	1	180.00
109	Trave	110	67	12	3	1	180.00
110	Trave	111	64	12	3	1	180.00
111	Trave	112	38	12	3	1	180.00
112	Trave	113	49	12	3	1	180.00
113	Trave	114	51	12	3	1	180.00
114	Trave	115	60	12	3	1	180.00
115	Trave	116	62	12	3	1	180.00
116	Trave	117	58	12	3	1	180.00
117	Trave	118	55	12	3	1	180.00
118	Trave	119	71	12	3	1	
119	Trave	120	70	12	3	1	180.00

MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA: ELEMENTI SOLAIO-PANNELLO

LEGENDA TABELLA DATI SOLAI-PANNELLI

Il programma utilizza per la modellazione elementi a tre o più nodi denominati in generale solaio o pannello.

Ogni elemento solaio-pannello è individuato da una poligonale di nodi 1,2, ..., N.

L'elemento solaio è utilizzato in primo luogo per la modellazione dei carichi agenti sugli elementi strutturali. In secondo luogo può essere utilizzato per la corretta ripartizione delle forze orizzontali agenti nel proprio piano. L'elemento balcone è derivato dall'elemento solaio.

I carichi agenti sugli elementi solaio, raccolti in un archivio, sono direttamente assegnati agli elementi utilizzando le informazioni raccolte nell' archivio (es. i coefficienti combinatori). La tabella seguente riporta i dati utilizzati per la definizione dei carichi e delle masse.

L'elemento pannello è utilizzato solo per l'applicazione dei carichi, quali pesi delle tamponature o spinte dovute al vento o terre. In questo caso i carichi sono applicati in analogia agli altri elementi strutturali (si veda il cap. SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO).

Id.Arch.	Identificativo dell' archivio
Tipo	Tipo di carico Variab. Carico variabile generico Var. rid. Carico variabile generico con riduzione in funzione dell' area (c.5.5. ...) Neve Carico di neve
G1	carico permanente (comprensivo del peso proprio)
G2	carico permanente non strutturale e non compiutamente definito
Q	carico variabile
Fatt. A	fattore di riduzione del carico variabile (0.5 o 0.75) per tipo "Var.rid."
S sis.	fattore di riduzione del carico variabile per la definizione delle masse sismiche per D.M. 96 (vedi NOTA sul capitolo "normativa di riferimento")
Psi 0	Coefficiente combinatorio dei valori caratteristici delle azioni variabili: per valore raro
Psi 1	Coefficiente combinatorio dei valori caratteristici delle azioni variabili: per valore frequente
Psi 2	Coefficiente combinatorio dei valori caratteristici delle azioni variabili: per valore quasi permanente
Psi S 2	Coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile: per la definizione delle masse sismiche
Fatt. Fi	Coefficiente di correlazione dei carichi per edifici

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione. In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

Elem	numero dell'elemento
Tipo	codice di comportamento S elemento utilizzato solo per scarico C elemento utilizzato per scarico e per modellazione piano rigido P elemento utilizzato come pannello M scarico monodirezionale B scarico bidirezionale
Id.Arch.	Identificativo dell' archivio
Mat	codice del materiale assegnato all'elemento
Spessore	spessore dell'elemento (costante)
Orditura	angolo (rispetto all'asse X) della direzione dei travetti principali
G1	carico permanente solaio (comprensivo del peso proprio)
G2	carico permanente non strutturale e non compiutamente definito

Q	carico variabile solaio
Nodi	numero dei nodi che definiscono l'elemento (5 per riga)

La progettazione viene eseguita con il metodo degli stati limite. I simboli utilizzati in tabella assumono il seguente significato:

Elem.	numero identificativo dell'elemento
Stato	Codici di verifica relativi alle tensioni normali e alle tensioni tangenziali
Note	Viene riportato il codice relativo alla sezione(s) e relativo al materiale(m);
F ist, F infi	Frecce istantanee e a tempo infinito
Pos.	Ascissa del punto di verifica
Momento	Momento flettente
Af inf.	Area di armatura longitudinale posta all'intradosso della trave
Af sup.	Area di armatura longitudinale posta all'estradosso della trave
V N/M	rapporto S_d/S_u con sollecitazioni ultime proporzionali: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
x/d	rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile alla rottura della sezione (per sola flessione)
Taglio	Sollecitazione di taglio
AfV	Area dell'armatura atta ad assorbire le azioni di taglio
Verif.V	rapporto S_d/S_u con sollecitazioni taglianti proporzionali: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
B eff	Base della sezione di cls per l'assorbimento del taglio
rRfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione f_{ck} in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rFfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione f_{ck} in combinazioni freq. [normalizzato a 1]
rPfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione f_{ck} in combinazioni quasi perm. [normalizzato a 1]
rRfyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione f_{yk} in combinazioni frequenti [normalizzato a 1]
rFyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione f_{yk} in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rPfyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione f_{yk} in combinazioni quasi permanenti [normalizzato a 1]
wR	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni rare [mm]
wF	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni frequenti [mm]
wP	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni quasi permanenti [mm]

Nel caso in cui si sia proceduto alla verifica delle tamponature secondo il D.M. 17.01.2018 - §7.2.3 viene riportata una tabella riassuntiva delle verifiche degli elementi pannello. La verifica (definita come rapporto domanda/capacità) confronta le azioni sollecitanti indotte dal sisma con le resistenze secondo tre ipotesi, due basate sulla resistenza a pressoflessione della tamponatura ed una basata sul cinematismo a seguito della formazione di tre cerniere plastiche sulla tamponatura. Il cinematismo è riconducibile al meccanismo ad arco, descritto nel paragrafo "8.4.3 Walls arching between supports" dell'EN 1996-1-1:2022 per snellezze non superiori a 20. La verifica considera anche il degrado di resistenza dovuto al danneggiamento nel piano della tamponatura.

Qualora la tamponatura sia di tipo antiespulsione (nelle due possibili varianti ordinaria o armata) viene condotta una verifica con meccanismo ad arco con degrado di resistenza. La verifica confronta le pressioni sollecitanti indotte dal sisma con le pressioni resistenti che la tamponatura sviluppa attraverso il meccanismo ad arco. La verifica considera anche il degrado di resistenza dovuto al danneggiamento nel piano della tamponatura.

Per quest'ultima tamponatura sono disponibili, in funzione del materiale impiegato (materiale [52] o materiale [53]):

- Utilizzabile per il materiale [52].

- Utilizzabile per il materiale [53].

(rif. Rapporti di Prova redatti dal Dipartimento ICEA - Università degli Studi di Padova di test sperimentali condotti sul sistema Tamponatura Antiespulsione di Cis Edil)

Elem.	Numero identificativo dell'elemento
Stato	Codice di verifica
Ver. EC6	Rapporto p_a/p_r (valore minore o uguale a 1 per verifica positiva) con valutazione della pressione resistente p_r per meccanismo ad arco secondo EN 1996-1-1:2002
Ver. c.c.	Verifica nell'ipotesi di trave appoggiata con carico concentrato in mezzzeria
Ver. c.d.	Verifica nell'ipotesi di trave appoggiata con carico distribuito
Ver. cin.	Verifica nell'ipotesi di cinematismo con formazione di cerniere plastiche in appoggio e mezzzeria
Ver. DNS	Rapporto p_a/p_r (valore minore o uguale a 1 per verifica positiva) con valutazione della pressione resistente p_r per meccanismo ad arco per Danesi
Z	Quota del baricentro dell'elemento
T1	Periodo proprio dell'edificio nella direzione di interesse (ortogonale al pannello)
Ta	Periodo proprio della parete
Sa	Accelerazione massima, adimensionalizzata allo SLV
p_a	Pressione sulla parete causata dall'azione sismica
Drift	Spostamento relativo interpiano allo SLV valutato secondo il D.M. 14.01.2018 - § 7.3.3.3
R.Drift	Coef. riduttivo per tener conto del danneggiamento del piano dipendente dallo spostamento (utilizzato in Ver. EC6 e Ver. DNS)

ID Arch.	Tipo	G1	G2	Q	Fatt. A	s sis.	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Psi S 2	Fatt. Fi
		daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2							
4	Neve	1.00e-03	1.15e-02	7.03e-03		1.00	0.50	0.20	0.0	0.0	1.00
	Variab.						0.0	0.0	0.0		

Elem. TipoID Arch. Mat. SpessoreOrditura G1 G2 Q	Nodo 3/8..Nodo..Nodo..	1/6..Nodo 2/7..							
			daN/cm2daN/cm2daN/cm2						
1 1 2 4 3 32 4 29 5 26 6 23	SM 15 SM 1 SM 4 SM 32 SM 29 SM 26	4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	m=1 m=1 m=1 m=1 m=1 m=1 m=1 m=1 m=1 m=1 m=1	1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.0100e-031.15e-027.03e-03 0.0100e-031.15e-027.03e-03 0.0100e-031.15e-027.03e-03 0.0100e-031.15e-027.03e-03 0.0100e-031.15e-027.03e-03 0.0100e-031.15e-027.03e-03 0.0100e-031.15e-027.03e-03 0.0100e-031.15e-027.03e-03 0.0100e-031.15e-027.03e-03	13 3 3 17 17 31 31 28 28 25 25 22	3 17 31 28 25 22		

7	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	22	14
16	23						
8	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	14	34
33	16						
9	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	34	40
35	33						
10	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	40	47
48	35						
11	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	47	45
46	48						
12	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	45	43
44	46						
13	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	43	41
42	44						
14	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	41	37
39	42						
15	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	37	50
49	39						
16	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	50	56
51	49						
17	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	56	63
64	51						
18	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	63	61
62	64						
19	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	61	59
60	62						
20	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	59	57
58	60						
21	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	57	53
55	58						
22	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	53	66
65	55						
23	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	66	72
67	65						
24	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	72	68
70	67						
25	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	68	52
54	70						
26	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	52	36
38	54						
27	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	36	73
74	38						
28	SM	4	m=1	1.0	0.01.00e-031.15e-027.03e-03	73	69
71	74						

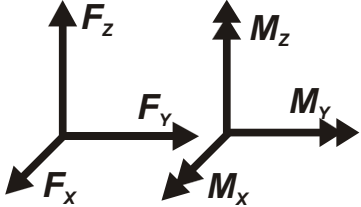
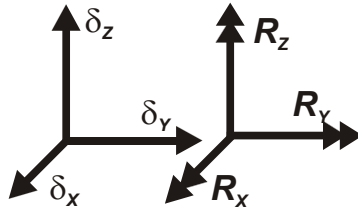
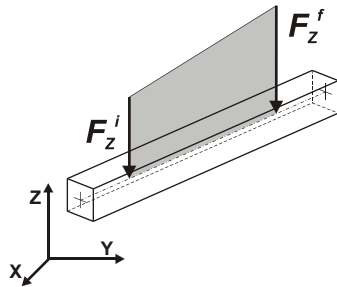
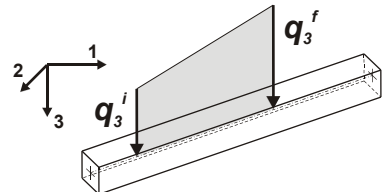
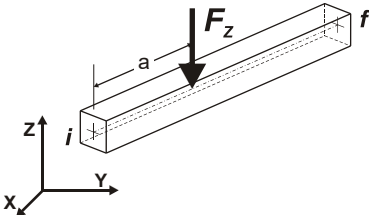
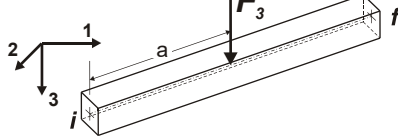
MODELLAZIONE DELLE AZIONI

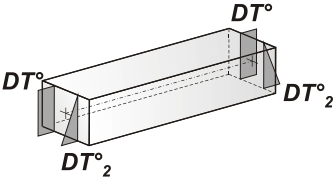
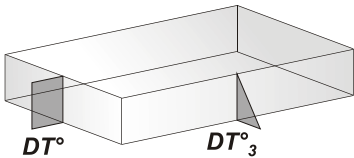
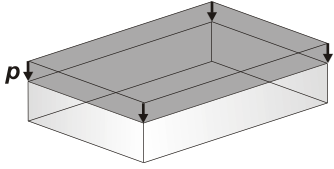
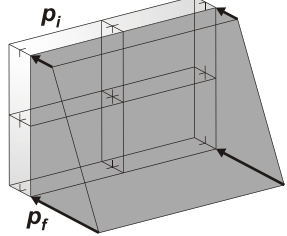
LEGENDA TABELLA DATI AZIONI

Il programma consente l'uso di diverse tipologie di carico (azioni). Le azioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni azione applicata alla struttura viene di riportato il codice, il tipo e la sigla identificativa. Le tabelle successive dettagliano i valori caratteristici di ogni azione in relazione al tipo. Le tabelle riportano infatti i seguenti dati in relazione al tipo:

1	carico concentrato nodale 6 dati (forza Fx, Fy, Fz, momento Mx, My, Mz)
----------	---

2	spostamento nodale impresso 6 dati (spostamento Tx,Ty,Tz, rotazione Rx,Ry,Rz)
3	carico distribuito globale su elemento tipo trave 7 dati (fx,fy,fz,mx,my,mz,ascissa di inizio carico) 7 dati (fx,fy,fz,mx,my,mz,ascissa di fine carico)
4	carico distribuito locale su elemento tipo trave 7 dati (f1,f2,f3,m1,m2,m3,ascissa di inizio carico) 7 dati (f1,f2,f3,m1,m2,m3,ascissa di fine carico)
5	carico concentrato globale su elemento tipo trave 7 dati (Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz,ascissa di carico)
6	carico concentrato locale su elemento tipo trave 7 dati (F1, F2, F3, M1, M2, M3, ascissa di carico)
7	variazione termica applicata ad elemento tipo trave 7 dati (variazioni termiche: uniforme, media e differenza in altezza e larghezza al nodo iniziale e finale)
8	carico di pressione uniforme su elemento tipo piastra 1 dato (pressione)
9	carico di pressione variabile su elemento tipo piastra 4 dati (pressione, quota, pressione, quota)
10	variazione termica applicata ad elemento tipo piastra 2 dati (variazioni termiche: media e differenza nello spessore)
11	carico variabile generale su elementi tipo trave e piastra 1 dato descrizione della tipologia 4 dati per segmento (posizione, valore, posizione, valore) la tipologia precisa l'ascissa di definizione, la direzione del carico, la modalità di carico e la larghezza d'influenza per gli elementi tipo trave
12	gruppo di carichi con impronta su piastra 9 dati (numero di ripetizioni in direzione X e Y, valore di ciascun carico, posizione centrale del primo, dimensioni dell' impronta, interasse tra i carichi)

 Carico concentrato nodale	 Spostamento impresso
 Carico distribuito globale	 Carico distribuito locale
 Carico concentrato globale	 Carico concentrato locale

	Carico termico 2D		Carico termico 3D
	Carico pressione uniforme		Carico pressione variabile

Tip o	carico concentrato nodale						
Id	Tipo	Fx da N	Fy daN	Fz daN	Mx daN cm	My daN cm	Mz daN cm
13	SPINTA DEL VENTO x Cf<0 - CN:Fy=-262.00 Fz=262.00	0.0	- 262.0 0	262. 00	0.0	0.0	0.0
14	SPINTA DEL VENTO x Cf<0 BORDO - CN:Fy=- 131.00 Fz=131.00	0.0	- 131.0 0	131. 00	0.0	0.0	0.0

SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	Sigla	Tipo	Descrizione
1	Ggk	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	NA	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Etk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	Pk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:

7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;

9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso:

Numero Tipo e Sigla identificativa, Valore di riferimento del caso di carico (se previsto).

In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati con la sigla identificativa del carico.

Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per i caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello (si confronti il valore Sksol nel capitolo relativo agli elementi solaio) e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Ubicazione:

Località	FINALE EMILIA
Provincia	MODENA
Regione	EMILIA-ROMAGNA
Latitudine	44,83300 N
Longitudine	11,29400 E
Altitudine s.l.m.	15,0 m

CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Cap. 3 - AZIONI SULLE COSTRUZIONI - Par. 3.3 e 3.4

Circolare n.7 - 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP.

NEVE

Il carico della neve sulle coperture è calcolato in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

qsk: valore caratteristico del carico della neve al suolo (per Tr = 50 anni);

qsn: carico della neve al suolo riferito ad un periodo di ritorno di n anni

dove: $qsn = qsk [(1 - n (6^{1/2} / p) \ln[-\ln(1 - 1 / Tr) + 0.57722]) / (1 + 2.5923 n)]$

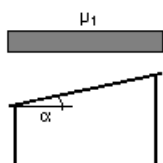
Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk	qsn
I Mediterranea	Zona normale	1,00	100 anni	15 m	150,00	169,17

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 45,0^\circ$

$m_1 = 0,40 \Rightarrow Q_1 = 68 \text{ daN/mq}$

Schema di carico:



VENTO

La velocità del vento è calcolata in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);

V_{b,0}: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

a₀: altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

k_s: parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);

a_s: altitudine del sito;

T_R: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

V_b: velocità di riferimento calcolata come segue:

$$V_b = V_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$V_b = V_{b,0} (1 + k_s ((a_s / a_0) - 1)) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

per $a_s > 1500 \text{ m}$ vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate

Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per $a_s = 1500 \text{ m}$

C_r: coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno T_R

V_r: velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno T_R

Zona	V _{b,0}	a ₀	k _s	a _s	T _R	V _b	C _r	V _r
2	25 m/s	750 m	0,45	15 m	100 anni	25,00 m/s	1,063	26,57 m/s

Pressione cinetica di riferimento, $q_r = r V_r^2 / 2 = 44 \text{ daN/mq}$

dove: r è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = 1,25 kg/mc)

Esposizione: Cat. III - Entroterra fino a 500 m di altitudine

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

K _r	z ₀	z min
0,20	0,10 m	5 m

Classe di rugosità del terreno: C (NTC - Tab. 3.3.III)

Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:

C_p: coefficiente di pressione;

C_d: coefficiente dinamico;

C_t: coefficiente di topografia;

C_e: coefficiente di esposizione (funzione di z, z₀ e C_t);

z: altezza sul suolo.

C _p	C _d	C _t	C _e	z
1,00	1,00	1,00	1,71	4,05 m

Pressione del vento

$$p = q_r C_e C_p C_d = 75 \text{ daN/mq}$$

TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA

Le temperature esterne, T_{max} (massima estiva) e T_{min} (minima invernale), sono calcolate secondo le

seguenti espressioni riferite alla zona climatica:

$T_{min} = -15 - 4 \text{ as} / 1000$ (NTC 3.5.1)

$T_{max} = 42 - 6 \text{ as} / 1000$ (NTC 3.5.2)

dove as è l'altitudine di riferimento

Zona	as	T min	T max
I	15 m	-15,06 °C	41,91 °C

CD C	Tip o	Sigla Id	Note	Per non automatici:
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)		
2	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)		
3	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)		
4	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)		
5	Esk	CDC=Es (statico SLU) $\alpha=0.0$ (ecc. +)	partecipazione: 1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
			partecipazione: 1.00 per 2 CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
			partecipazione: 1.00 per 3 CDC=Qsk (variabile solai)	
			partecipazione: 1.00 per 4 CDC=Qnk (carico da neve)	
6	Esk	CDC=Es (statico SLU) $\alpha=0.0$ (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
7	Esk	CDC=Es (statico SLU) $\alpha=90.00$ (ecc. +)	come precedente CDC sismico	
8	Esk	CDC=Es (statico SLU) $\alpha=90.00$ (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
9	Esk	CDC=Es (statico SLD) $\alpha=0.0$ (ecc. +)	come precedente CDC sismico	
10	Esk	CDC=Es (statico SLD) $\alpha=0.0$ (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
11	Esk	CDC=Es (statico SLD) $\alpha=90.00$ (ecc. +)	come precedente CDC sismico	
12	Esk	CDC=Es (statico SLD) $\alpha=90.00$ (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
13	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)		
14	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento)	Azioni applicate:	Ad elementi:
			[13] SPINTA DEL VENTO x $C_f < 0$ - CN:Fy=-262.00 Fz=262.00	Nodi: 94 # 118, 120 # 121
			[14] SPINTA DEL VENTO x $C_f < 0$ BORDO - CN:Fy=-131.00 Fz=131.00	Nodi: 93, 119

DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) 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.

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: Numero, Tipo, Sigla identificativa. Una seconda tabella riporta il peso nella combinazione assunto per ogni caso

di carico.

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

Combinazione fondamentale SLU

$$gG1 \times G1 + gG2 \times G2 + gP \times P + gQ1 \times Qk1 + gQ2 \times y02 \times Qk2 + gQ3 \times y03 \times Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1 + G2 + P + Qk1 + y02 \times Qk2 + y03 \times Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1 + G2 + P + y11 \times Qk1 + y22 \times Qk2 + y23 \times Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1 + G2 + P + y21 \times Qk1 + y22 \times Qk2 + y23 \times Qk3 + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E
 $E + G1 + G2 + P + y21 \times Qk1 + y22 \times Qk2 + \dots$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

$$G1 + G2 + Ad + P + y21 \times Qk1 + y22 \times Qk2 + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	y0	y1	y2
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini, ...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli ≤ 30kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota ≤ 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.I

		Coefficiente g_f	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	$gG1$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	$gG2$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	gQi	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Cm	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	

Cm b	Tipo	Sigla Id	effetto P- delta
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SLU	Comb. SLU A1 5	
6	SLU	Comb. SLU A1 6	
7	SLU	Comb. SLU A1 7	
8	SLU	Comb. SLU A1 8	
9	SLU	Comb. SLU A1 9	
10	SLU	Comb. SLU A1 10	
11	SLU	Comb. SLU A1 11	
12	SLU	Comb. SLU A1 12	
13	SLU	Comb. SLU A1 13	
14	SLU	Comb. SLU A1 14	
15	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 15	
16	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16	
17	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17	
18	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18	
19	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19	
20	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20	
21	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21	
22	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22	
23	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23	
24	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24	
25	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25	
26	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26	
27	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27	
28	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28	
29	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 29	
30	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 30	
31	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 31	
32	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 32	
33	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 33	
34	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 34	

Cm b	Tipo	Sigla Id	effetto P- delta
35	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 35	
36	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 36	
37	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 37	
38	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 38	
39	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 39	
40	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 40	
41	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 41	
42	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 42	
43	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 43	
44	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 44	
45	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 45	
46	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 46	
47	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 47	
48	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 48	
49	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 49	
50	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 50	
51	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 51	
52	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 52	
53	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 53	
54	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 54	
55	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 55	
56	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 56	
57	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 57	
58	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 58	
59	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 59	
60	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 60	
61	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno	

Cm b	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24..	CDC 11/25..	CDC 12/26..	CDC 13/27..	CDC 14/28..
3	1.30	1.50	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.30	0.90
4	1.30	1.50	1.50	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.30	0.90
5	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.90
6	1.00	0.80	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.90
7	1.00	0.80	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.90
8	1.00	0.80	1.50	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.90
9	1.30	1.50	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.30	0.90
10	1.00	0.80	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.90
11	1.30	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.30	1.50
12	1.30	1.50	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.30	1.50
13	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.50
14	1.00	0.80	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.50
15	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
16	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
17	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
18	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
19	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
20	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
21	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
22	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
23	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
24	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
25	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
26	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
27	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
28	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
29	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
30	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
31	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
32	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
33	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
34	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
35	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
36	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
37	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
38	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
39	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
40	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
41	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
42	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
43	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
44	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
45	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
46	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
47	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0
48	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0
49	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0
50	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0
51	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0
52	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0
53	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0
54	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0

Cm b	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24..	CDC 11/25..	CDC 12/26..	CDC 13/27..	CDC 14/28..
55	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	1.00	0.0
56	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	1.00	0.0
57	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	1.00	0.0
58	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	1.00	0.0
59	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	1.00	0.0
60	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	1.00	0.0
61	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	1.00	0.0
62	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	1.00	0.0
63	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	1.00	0.0
64	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0
65	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	1.00	0.0
66	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0
67	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	1.00	0.0
68	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	1.00	0.0
69	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	1.00	0.0
70	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	1.00	0.0
71	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00	1.00	0.0
72	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00	1.00	0.0
73	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00	1.00	0.0
74	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00	1.00	0.0
75	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	1.00	0.0
76	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	1.00	0.0
77	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	1.00	0.0
78	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	1.00	0.0
79	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.60
80	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.60
81	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.60
82	1.00	1.00	1.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.60
83	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.60
84	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00
85	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00
86	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
87	1.00	1.00	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
88	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.20
89	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0

AZIONE SISMICA

VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell' allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

L' azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

ag:accelerazione orizzontale massima del terreno;

Fo:valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T*c:periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita V_n [anni]	Coeff. Uso	Periodo V_r [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
IV	100.0	2.0	200.0	C	T1

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \cdot S_t$ (3.2.3)

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale

F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale

T_b è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.

T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.

T_d è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico, S_e , è definito dalle seguenti espressioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Dove per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1; mentre per le categorie di sottosuolo B, C, D, E i coefficienti S_s e C_c vengono calcolati mediante le espressioni riportate nella seguente Tabella

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente Tabella

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico, S_{ve} , è definito dalle espressioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

I valori di S_s , T_B , T_C e T_D , sono riportati nella seguente Tabella

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
			Km
Loc.	11.294	44.833	
15397	11.236	44.814	5.160
15398	11.307	44.815	2.311
15176	11.305	44.865	3.548
15175	11.234	44.864	5.864

SL	Pver	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	120.4	0.079	2.575	0.265
SLD	63.0	201.2	0.102	2.583	0.270
SLV	10.0	1898.2	0.260	2.468	0.287
SLC	5.0	2475.0	0.288	2.440	0.290

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.079	1.500	2.575	0.979	0.144	0.431	1.917
SLD	0.102	1.500	2.583	1.113	0.146	0.437	2.008
SLV	0.260	1.315	2.468	1.698	0.152	0.455	2.639
SLC	0.288	1.279	2.440	1.767	0.153	0.458	2.751

Mod o	Frequenza	Periodo	X M efficace x g	%	Y M efficace x g	%	Z M efficace x g	%	RZ M efficace x g	%
	1/sec	sec	daN		daN		daN		daN cm2	
1	2.36	0.42	1.40e-02	0	6.68e-06	0	0.0	0	1.471e+05	26
2	2.45	0.41	0.0	0	1506.7	19	0.1	0	4.88e-04	0
3	2.70	0.37	1.19e-03	0	0.0	0	0.0	0	2.875e+05	52
4	2.82	0.35	0.0	0	5281.4	68	1.7	0	7.10e-05	0
5	3.18	0.31	7466.2	96	0.0	0	0.0	0	3.2	0
6	4.06	0.25	28.7	0	1.90e-05	0	1.16e-05	0	37.7	0

RISULTATI ANALISI SISMICHE

LEGENDA TABELLA ANALISI SISMICHE

Il programma consente l'analisi di diverse configurazioni sismiche.

Sono previsti, infatti, i seguenti casi di carico:

9. Es caso di carico sismico con analisi statica equivalente

10. Ed caso di carico sismico con analisi dinamica

Ciascun caso di carico è caratterizzato da un angolo di ingresso e da una configurazione di masse determinante la forza sismica complessiva (si rimanda al capitolo relativo ai casi di carico per chiarimenti inerenti questo aspetto).

Nella colonna Note, in funzione della norma in uso sono riportati i parametri fondamentali che caratterizzano l'azione sismica: in particolare possono essere presenti i seguenti valori:

Angolo di ingresso	Angolo di ingresso dell'azione sismica orizzontale
Fattore di importanza	Fattore di importanza dell'edificio, in base alla categoria di appartenenza
Zona sismica	Zona sismica
Accelerazione a_g	Accelerazione orizzontale massima sul suolo
Categoria suolo	Categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione
Fattore q	Fattore di struttura/di comportamento. Dipendente dalla tipologia strutturale
Amplificazione ND	Coefficiente di amplificazione q/q_{ND} delle azioni sismiche (solo per elementi progettati in campo non dissipativo)
Fattore di sito S	Fattore dipendente dalla stratigrafia e dal profilo topografico
Classe di duttilità CD	Classe di duttilità della struttura – "A" duttilità alta, "B" duttilità bassa
Fattore riduz. SLD	Fattore di riduzione dello spettro elastico per lo stato limite di danno
Periodo proprio T_1	Periodo proprio di vibrazione della struttura
Coefficiente Lambda	Coefficiente dipendente dal periodo proprio T_1 e dal numero di piani della struttura
Ordinata spettro $S_d(T_1)$	Valore delle ordinate dello spettro di progetto per lo stato limite ultimo, componente orizzontale (verticale S_{vd})
Ordinata spettro $S_e(T_1)$	Valore delle ordinate dello spettro elastico ridotta del fattore SLD per lo stato limite di danno, componente orizzontale (verticale S_{ve})
Ordinata spettro S (T_b - T_c)	Valore dell'ordinata dello spettro in uso nel tratto costante
N° di modi considerati	Numero di modi di vibrare della struttura considerati nell'analisi dinamica

Nel caso di elementi progettati in campo non dissipativo vengono adottate le sollecitazioni calcolate con un fattore q_{ND} ricavato come da 7.3.2 in funzione del fattore di comportamento q utilizzato per la struttura: $1 < q_{ND} = 2/3 \cdot q < 1.5$

Il coefficiente di amplificazione delle azioni sismiche rispetto alle azioni calcolate con il fattore di comportamento globale viene indicato nelle relative tabelle.

Per ciascun caso di carico sismico viene riportato l'insieme di dati sotto riportati (le masse sono espresse in unità di forza):

a) analisi sismica statica equivalente:

- quota, posizione del centro di applicazione e azione orizzontale risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto r/L_s (per strutture a nucleo), indici di regolarità e/r secondo EC8 4.2.3.2
- azione sismica complessiva

b) analisi sismica dinamica con spettro di risposta:

- quota, posizione del centro di massa e massa risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto r/L_s (per strutture a nucleo), indici di regolarità e/r secondo EC8 4.2.3.2

- frequenza, periodo, accelerazione spettrale, massa eccitata nelle tre direzioni globali per tutti i modi
- massa complessiva ed aliquota di massa complessiva eccitata.

Per ciascuna combinazione sismica definita SLD o SLO viene riportato il livello di deformazione ϵ_T (dr) degli elementi strutturali verticali. Per semplicità di consultazione il livello è espresso anche in unità $1000 \cdot \epsilon_T/h$ da confrontare direttamente con i valori forniti nella norma (es. 5 per tamponature fragili, 7.5 per tamponature duttili, 10.0 per edifici con tamponamenti collegati elasticamente, 2 per edifici in muratura ordinaria, 3 per edifici in muratura armata, 2.5 per edifici in muratura confinata).

Note:

- I valori riportati sono già amplificati per un eventuale fattore q_{SLD}
- Per SLO i valori devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti sopra citati

Per gli edifici sismicamente isolati si riportano di seguito le verifiche condotte sui dispositivi di isolamento. Le verifiche sono effettuate secondo la circolare n.7/2019 del C.S.LL.PP nelle combinazioni in SLC come previsto dal DM 17-01-2018. Per ogni combinazione è riportato il codice di verifica ed i valori utilizzati per la verifica: spostamento dE , area ridotta e dimensione $A2$, azione verticale, deformazioni di taglio dell'elastomero e tensioni nell'acciaio.

In particolare la tabella, per ogni combinazione di calcolo, riporta:

Nodo	Nodo di appoggio dell' isolatore
Cmb	Combinazione oggetto della verifica
Verif.	Codice di verifica ok – verifica positiva , NV – verifica negativa, ND – verifica non completata
dE	Spostamento relativo tra le due facce combinato con la regola del 30%
Ang fi	Angolo utilizzato per il calcolo dell' area ridotta A_r (per dispositivi circolari)
V	Azione verticale agente
A_r	Area ridotta efficace
Dim $A2$	Dimensione utile per il calcolo della deformazione per rotazione
Sig s	Tensione nell' inserto in acciaio
$\Gamma_{m,c}(a,s,t)$	Deformazioni di taglio dell' elastomero
V_{cr}	Carico critico per instabilità

Affinché la verifica sia positiva deve essere:

- 1) $V > 0$
- 2) $\text{Sig s} < f_{yk}$
- 3) $\Gamma_{m,t} < 5$
- 4) $\Gamma_{m,s} < \Gamma_{m,s}^*$ (caratteristica dell' elastomero)
- 5) $\Gamma_{m,s} < 2$
- 6) $V < 0.5 V_{cr}$

Calcolo dei fattori di comportamento secondo il D.M. 17/01/2018

Caratteristiche costruzione	
Tipologia	Nuova
Regolarità pianta	NO
Regolarità altezza	SI
Classe di duttilità	ND
Sistema costruttivo	Acciaio o composto acciaio-calcestruzzo
Tipologia strutturale	Altre tipologie

Parametri	
q_0	1.000

K_R	1.0
$q_D = q_0 \cdot K_R$	1.000
$q_{ND} = 2/3 \cdot q_D$	1.000 (≤ 1.5)

Fattori di comportamento		
	Dissipativi	Non dissipativi
q SLU x	1.000	1.000
q SLU y	1.000	1.000
q SLU z	1.500	1.500

CD C	Tip o	Sigla Id	Note
5	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.315
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.843 g
			angolo di ingresso: 0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.300 s
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. μ_d : 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro $S_d(T1)$: 0.843

Quot a	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls) ^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
370.00	897.40	897.40	863.01	4.48e-03	70.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
335.00	1625.01	2522.41	1726.02	4.48e-03	35.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	2893.32	5415.73	3431.71	3.38e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.500	3.3355e-06	0.0
230.00	1115.68	6531.41	1726.02	4.48e-03	-70.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risultata	6531.41		7746.76									

CD C	Tip o	Sigla Id	Note
6	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.315
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc)

CD C	Tip o	Sigla Id	Note
			= 0.843 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 s
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.843

Quot a	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls) ^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
370.00	897.40	897.40	863.01	4.48e-03	70.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
335.00	1625.01	2522.41	1726.02	4.48e-03	35.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	2893.32	5415.73	3431.71	3.38e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.500	3.3355e-06	0.0
230.00	1115.68	6531.41	1726.02	4.48e-03	-70.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risultata	6531.41		7746.76									

CD C	Tip o	Sigla Id	Note
7	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.315
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.843 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.300 s
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.843

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
370.00	897.40	897.40	863.01	4.48e-03	70.00	143.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
335.00	1625.01	2522.41	1726.02	4.48e-03	35.00	143.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	2893.32	5415.73	3431.71	3.38e-03	0.0	143.40	0.0	0.0	0.0	1.500	3.3355e-06	0.0
230.00	1115.68	6531.41	1726.02	4.48e-03	-70.00	143.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risultata	6531.41		7746.76									

CD C	Tip o	Sigla Id	Note
8	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.315
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.843 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 s
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.843

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
370.00	897.40	897.40	863.01	4.48e-03	70.00	-143.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
335.00	1625.01	2522.41	1726.02	4.48e-03	35.00	-143.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	2893.32	5415.73	3431.71	3.38e-03	0.0	-143.40	0.0	0.0	0.0	1.500	3.3355e-06	0.0
230.00	1115.68	6531.41	1726.02	4.48e-03	-70.00	-143.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risultata	6531.41		7746.76									

CD C	Tip o	Sigla Id	Note
9	Esk	CDC=Es (statico SLD)	

CD C	Tip o	Sigla Id	Note
		alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.395 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.300 s
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.395

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
370.00	420.23	420.23	863.01	4.48e-03	70.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
335.00	760.96	1181.19	1726.02	4.48e-03	35.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	1354.88	2536.06	3431.71	3.38e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.500	3.3355e-06	0.0
230.00	522.45	3058.51	1726.02	4.48e-03	-70.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risultata	3058.51		7746.76									

CD C	Tip o	Sigla Id	Note
10	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.395 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 s
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.395

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
370.00	420.23	420.23	863.01	4.48e-03	70.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
335.00	760.96	1181.19	1726.02	4.48e-03	35.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	1354.88	2536.06	3431.71	3.38e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.500	3.3355e-06	0.0

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
00											-06	
230.00	522.45	3058.51	1726.02	4.48e-03	-70.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risultata	3058.51		7746.76									

CD C	Tip o	Sigla Id	Note
11	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.395 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.300 s
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.395

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
370.00	420.23	420.23	863.01	4.48e-03	70.00	143.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
335.00	760.96	1181.19	1726.02	4.48e-03	35.00	143.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	1354.88	2536.06	3431.71	3.38e-03	0.0	143.40	0.0	0.0	0.0	1.500	3.3355e-06	0.0
230.00	522.45	3058.51	1726.02	4.48e-03	-70.00	143.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risultata	3058.51		7746.76									

CD C	Tip o	Sigla Id	Note
12	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.395 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 s
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.395

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
370.00	420.23	420.23	863.01	4.48e-03	70.00	-143.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
335.00	760.96	1181.19	1726.02	4.48e-03	35.00	-143.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	1354.88	2536.06	3431.71	3.38e-03	0.0	-143.40	0.0	0.0	0.0	1.500	3.3355e-06	0.0
230.00	522.45	3058.51	1726.02	4.48e-03	-70.00	-143.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risultata	3058.51		7746.76									

Cmb	Pilas.1000 etaT/h	etaT	inter. h	Pilas.1000 etaT/h	etaT	inter. h	Pilas.1000 etaT/h
etaT	inter. h			etaT	inter. h		etaT
		cm	cm		cm	cm	
cm cm							
47	3	3.06	0.92	300.0	4	3.18	0.95
0.96	300.0						
	6	3.31	0.99	300.0	22	3.16	0.95
48	3	3.05	0.92	300.0	4	3.18	0.95
0.96	300.0						
	6	3.31	0.99	300.0	22	3.17	0.95
49	3	3.14	0.94	300.0	4	3.22	0.96
0.96	300.0						
	6	3.27	0.98	300.0	22	3.09	0.93
50	3	3.14	0.94	300.0	4	3.22	0.96
0.96	300.0						
	6	3.27	0.98	300.0	22	3.08	0.92
...							
78	6	2.91	0.87	300.0	22	1.34	0.40
0.92	300.0						
Cmb	1000 etaT/h						
		3.89					

RISULTATI NODALI

LEGENDA RISULTATI NODALI

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne i nodi strutturali, è possibile in relazione alle tabelle sottoriportate.

Una prima tabella riporta infatti per ogni nodo e per ogni combinazione (o caso di carico) gli spostamenti nodali.

Una seconda tabella riporta per ogni nodo a cui sia associato un vincolo rigido e/o elastico o una

fondazione speciale e per ogni combinazione (o caso di carico) i valori delle azioni esercitate dalla struttura sui vincoli (reazioni vincolari cambiate di segno).

Una terza tabella, infine riassume per ogni nodo le sei combinazioni in cui si attingono i valori minimi e massimi della reazione Fz, della reazione Mx e della reazione My.

Nodo	Cmb	Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
		cm	cm	cm			
1	12	1.61	-6.18	1.73	0.031.96e-03	-0.02	
1	13	1.25	-6.30	2.26	0.03-3.03e-03	-0.02	
1	21	2.94	-0.86	-0.876.18e-04	8.91e-03	-5.25e-03	
1	42	0.09	3.49	-1.40	-0.016.59e-03	0.01	
1	53	1.59	-0.33	-0.72-1.01e-03	7.15e-03	-2.46e-03	
1	74	0.25	1.70	-0.97-7.32e-03	6.06e-03	3.48e-03	
1	84	1.01	-4.15	1.24	0.024.55e-04	-0.01	
1	85	1.08	-4.12	1.14	0.021.44e-03	-0.01	

...

121 89 0.17 0.05 -0.36-2.13e-03 4.96e-03 0.0

Nodo	Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
	-3.07	-10.12	-3.43	-0.02	-0.01	-0.02
	3.07	5.50	3.93	0.05	0.01	0.02

Nodo	Cmb	Azione X	Azione Y	Azione Z	Azione RX	Azione RY	Azione RZ
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
5	9	-538.89	-668.30	-1282.14	2.696e+05	-5.295e+04	-800.72
5	13	249.29	-1113.83	381.35	4.494e+05	2.450e+04	-1334.53
5	14	127.04	-1113.83	129.43	4.494e+05	1.249e+04	-1334.53
5	20	-1561.85	247.68	-1355.77	-7.907e+04	-2.784e+05	274.62
5	21	638.20	-247.68	-811.10	7.907e+04	1.877e+05	-274.62
5	42	-131.81	878.04	-1001.74	-2.789e+05	2.453e+04	907.55
5	52	-976.94	115.98	-1210.96	-3.703e+04	-1.545e+05	128.60
5	53	53.29	-115.98	-955.91	3.703e+04	6.375e+04	-128.60

...

19 89 461.82 0.0 -1083.46 -3.28e-05 4.538e+04 0.0

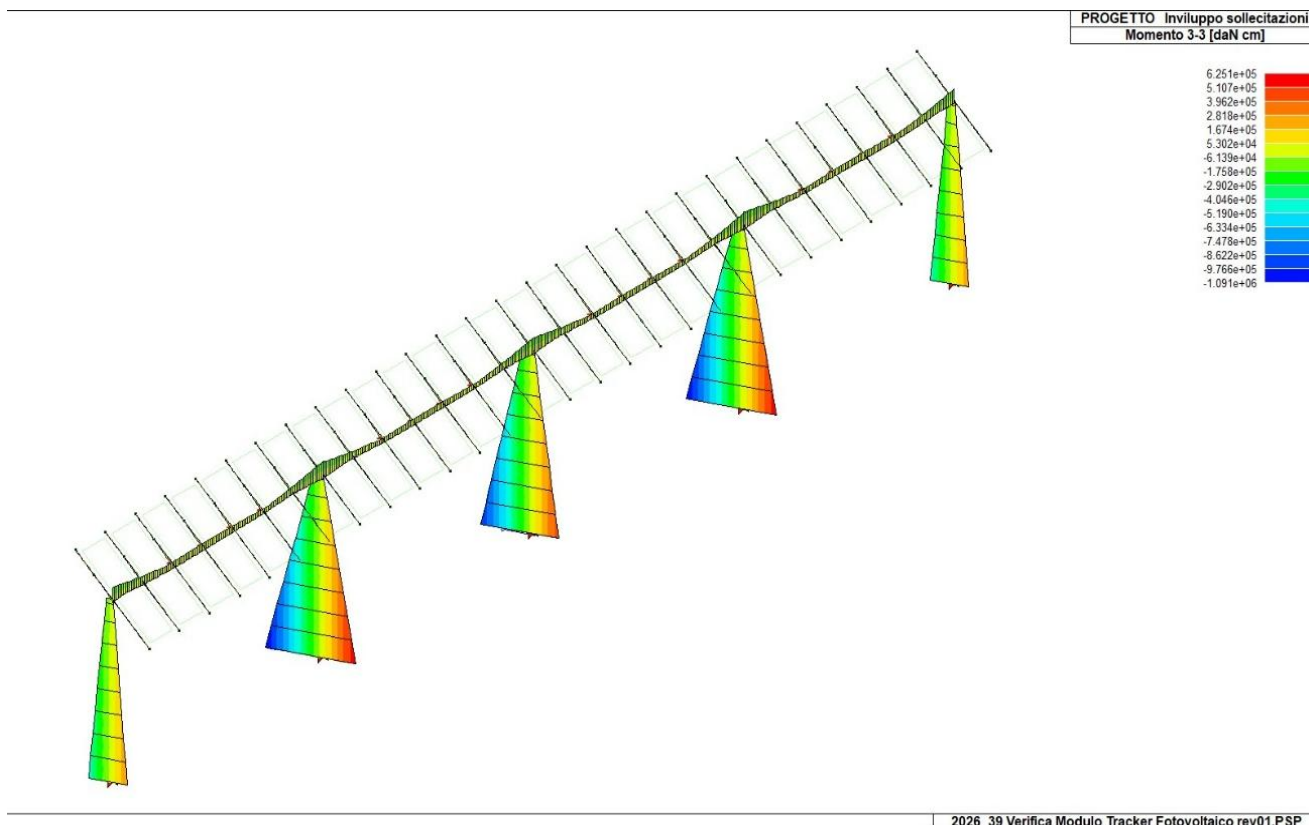
Nodo	Azione X	Azione Y	Azione Z	Azione RX	Azione RY	Azione RZ
	-1561.85	-3064.99	-2554.51	-2.789e+05	-2.784e+05	-1334.53
	1561.84	878.06	982.54	1.091e+06	2.784e+05	1334.57

Nodo	Cmb	Azione X	Azione Y	Azione Z	Azione RX	Azione RY	Azione RZ
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
5	20	-1561.85	247.68	-1355.77	-7.907e+04	-2.784e+05	274.62
	13	249.29	-1113.83	381.35	4.494e+05	2.450e+04	-1334.53
	42	-131.81	878.04	-1001.74	-2.789e+05	2.453e+04	907.55
	14	127.04	-1113.83	129.43	4.494e+05	1.249e+04	-1334.53
	20	-1561.85	247.68	-1355.77	-7.907e+04	-2.784e+05	274.62
	21	638.20	-247.68	-811.10	7.907e+04	1.877e+05	-274.62
7	9	51.98	-1838.99	-2554.51	6.546e+05	5643.15	120.01
	13	-24.05	-3064.98	982.54	1.091e+06	-2604.04	200.01
	42	480.87	2085.68	-2185.07	-6.251e+05	8.545e+04	-205.47
	14	-12.26	-3064.98	439.67	1.091e+06	-1324.57	200.01
	16	-1409.85	453.89	-2140.42	-1.367e+05	-2.639e+05	-11.80
	17	1498.95	-453.89	-2209.11	1.367e+05	2.736e+05	11.80
9	9	-1.12e-03	-1587.43	-2484.67	5.942e+05	1.21	0.04
	13	-5.17e-03	-2645.72	950.24	9.904e+05	5.70	0.07
	40	-426.77	1552.06	-2114.92	-4.787e+05	-7.969e+04	-29.33
	12	-3.99e-03	-2645.72	-861.66	9.904e+05	4.39	0.07

11

Pilas. 2 M 3	CmbM3 mx/mnM2 mx/mnD 2 / D 3Q 2 / Q 3Pos.	N	V 2	V 3	T	M
-----------------	---	---	-----	-----	---	---

daN cm daN cm cm daN cm daN daN daN daN daN cm daN										
cmdaN cm										
3	1-6.914e+04	2.893e+04	2.893e+04	1.18	0.0	0.0	-778.30	668.30	-294.39	-800.72
2.893e+04	2.696e+05									
	-2.696e+05	-5.939e+04	0.07	0.0	150.0	-695.95	668.30	-294.39	-800.72	-
1.523e+04	-1.694e+05									-
					300.0	-613.59	668.30	-294.39	-800.72	-
5.939e+04	-6.914e+04									
3	9-6.914e+04	5.295e+04	-1.18	0.0	0.0	-1282.14	668.30	-538.89	-800.72	
5.295e+04	-2.696e+05									
	-2.696e+05	-1.087e+05	0.12	0.0	150.0	-1199.79	668.30	-538.89	-800.72	-
2.788e+04	-1.694e+05									-
					300.0	-1117.43	668.30	-538.89	-800.72	-
1.087e+05	-6.914e+04									
3	13-1.152e+05	5.028e+04	-1.96	0.0	0.0	381.35	1113.83	249.29	-1334.53	-
2.450e+04	-4.494e+05									
	-4.494e+05	-2.450e+04	-0.06	0.0	150.0	444.70	1113.83	249.29	-1334.53	
1.289e+04	-2.823e+05									
...										
22	893.28e-05	-4.538e+04	-0.10	0.0	300.0	-956.76	0.0	461.82	0.0	
9.317e+04	3.32e-05									
Pilas.	M3 mx/mn	M2 mx/mn	D 2 / D 3	Q 2 / Q 3		N	V 2	V 3	T	
	-1.091e+06	-2.784e+05	-4.55	0.0		-2554.51	-2085.69	-1561.85	-1334.53	
	6.251e+05	2.784e+05	2.42	0.0		1109.24	3064.99	1561.84	1334.57	
Trave	Cmb	M3 mx/mn	M2 mx/mn	D 2 / D 3	Q 2 / Q 3	Pos.	N	V 2	V 3	T
2 M 3										M
	daN cm	daN cm	cm	daN	cm	daN	daN	daN	daN cm	daN
cmdaN cm										
1	5 6214.31	0.0	0.40	-20.59	0.0	-41.19	-125.55	0.0	0.0	
0.0	6214.31									
	-509.67	0.0	0.50	0.0	24.7	-30.89	-135.84	0.0	0.0	
0.0	2979.74				49.5	-20.59	-146.14	0.0	0.0	
0.0	-509.67									
1	9 3337.33	0.0	0.36	-49.66	0.0	-99.31	-67.42	0.0	0.0	
0.0	3337.33									
	-1228.92	0.0	0.60	0.0	24.7	-74.48	-92.25	0.0	0.0	
0.0	1361.44				49.5	-49.66	-117.08	0.0	0.0	
0.0	-1228.92									
1	12 9501.88	0.0	0.66	-42.96	0.0	-85.93	-191.97	0.0	0.0	
0.0	9501.88									
	-1063.28	0.0	0.86	0.0	24.7	-64.44	-213.45	0.0	0.0	
0.0	4485.12									
...										
120	89	0.0	0.0	-0.17	0.0	49.51	1.45e-06	1.45e-06	0.0	0.0
0.0	0.0									
Trave	M3 mx/mn	M2 mx/mn	D 2 / D 3	Q 2 / Q 3		N	V 2	V 3	T	
	-2.161e+05	-1.599e+05	-4.28	-99.31		-1391.36	-1185.12	-1440.02	-1.015e+05	
	8.802e+04	1.887e+05	2.33	192.51		467.72	1184.85	1440.67	1.015e+05	



INVILUPPO M3

2026_39 Verifica Modulo Tracker Fotovoltaico rev01.PSP

VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO

LEGENDA TABELLA VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO

Il programma consente la verifica dei seguenti tipi di elementi:

1. **aste** 2. **travi** 3. **pilastri**

L'esito delle verifiche è espresso con un codice come di seguito indicato

Ok:verifica con esito positivo

NV:verifica con esito negativo

Nr:verifica non richiesta.

Per comodità gli elementi vengono raggruppati in tabelle in relazione al tipo.

Ai fini delle verifiche (come da D.M. 17 Gennaio 2018 e circolare 21 Gennaio 2019 n.7) i tipi elementi differiscono per i seguenti aspetti:

Verifica	Aste	Travi	Pilastri
4.2.3.1 Classificazione	X	X	X
4.2.4.1.2.1 Trazione	X	X	X
4.2.4.1.2.2 Compressione	X	X	X
4.2.4.1.2.4 Taglio		X	X
4.2.4.1.2.5 Torsione		X	X
Flessione, taglio e forza assiale		X	X
4.2.4.1.3.1 Aste compresse	X	X	X
4.2.4.1.3.2 Instabilità flessio-torsionale		X	X
4.2.4.1.3.3 Membrature inflesse e compresse		X	X

Ai fini delle verifiche per strutture dissipative (come da D.M. 17 Gennaio 2018 e 2018 e circolare 21

Gennaio 2019 n.7) per strutture intelaiate e a controventi concentrici) si considerano le verifiche del capitolo 4 con azioni amplificate e le verifiche del capitolo 7:

Verifica	Travi	Pilastri
4.2.4.1.2.1 Trazione	X	X
4.2.4.1.2.2 Compressione	X	X
4.2.4.1.2.4 Taglio	X	X
4.2.4.1.2.5 Torsione	X	X
Flessione, taglio e forza assiale	X	X
4.2.4.1.3.1 Aste compresse	X	X
4.2.4.1.3.2 Instabilità flesso-torsionale	X	X
4.2.4.1.3.3 Membrature inflesse e compresse	X	X
7.5.3 Sfruttamento per momento	X	
7.5.4 Sfruttamento per sforzo normale	X	
7.5.5 Sfruttamento per taglio da capacità flessionale	X	
7.5.9 Sfruttamento per taglio amplificato		X

Viene inoltre riportata la verifica della “Gerarchia delle resistenze trave-colonna” per ogni colonna, considerando piede e testa in entrambe le direzioni globali X e Y.

L'insieme delle verifiche sopra riportate è condotto sugli elementi purché dotati di sezione idonea come da tabella seguente:

Azione	SEZIONI GENERICHE	PROFILI SEMPLICI	PROFILI ACCOPPIATI
4.2.3.1 Classificazione automatica	L, doppio T, C, rettangolare cava, circolare cava	Tutti	Da profilo semplice
4.2.3.1 Classificazione di default 2	Circolare		
4.2.3.1 Classificazione di default 3	restanti		
4.2.4.1.2.1 Trazione	si	si	si
4.2.4.1.2.2 Compressione	si	si	si
4.2.4.1.2.4 Taglio	si	si	si
4.2.4.1.2.5 Torsione	si	si	si
Flessione, taglio e forza assiale	si	si	si
4.2.4.1.3.1 Aste compresse	si	si	per elementi ravvicinati e a croce o coppie calastrellate
4.2.4.1.3.2 Travi inflesse	doppio T simmetrica	doppio T	no

Le verifiche sono riportate in tabelle con il significato sotto indicato; le verifiche sono espresse dal rapporto tra l'azione di progetto e la capacità ultima, pertanto la verifica ha esito positivo per rapporti non superiori all'unità.

Asta	Trave	Pilastr o	numero dell'elemento
Stato			codice di verifica per resistenza, stabilità, svergolamento
Note			sezione e materiali adottati per l'elemento
V N			(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per punto (4.2.6) e (4.2.10)
V V/T			(TRAVI E PILASTRI) verifica di resistenza come da par. 4.2.4.1.2 per azioni taglio-torsione (4.2.16 e 4.2.28)
V N/M			(TRAVI E PILASTRI) verifica di resistenza come da par. 4.2.4.1.2 per azioni composte (4.2.33) con riduzione per taglio (4.2.40) ove richiesto

N	M3	M2	V2	V3	T	sollecitazioni di interesse per la verifica
V stab						(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.3.1 per punto (4.2.41)
V stab						(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.3 per punti (C4.2.32) o (C4.2.36) (membrature inflesse e compresse senza/con presenza di instabilità flesso-torsionale)
BetaxL	B22xL	B33xL	lunghezze libere di inflessione (se indicato riferiti al piano di normale 22 o 33 rispettivamente)			
Snellezza						snellezza massima
Classe						classe del profilo
Chi mn						coefficiente di riduzione (della capacità) per la modalità di instabilità pertinente
Rif. cmb						combinazioni in cui si sono rispettivamente attinti i valori di verifica più elevati
V flst						(TRAVI E PILASTRI) verifica di stabilità come da par. 4.2.4.1.3.2 per punto (4.2.48)
B1-1 x L						Beta1-1 x L: interasse tra i ritegni torsionali
Chi LT						coefficiente di riduzione (della capacità) per la modalità di instabilità flesso-torsionale
Snell adim						Valore della snellezza adimensionale, utilizzato per il controllo previsto al par. 7.5.5
v.Omeg						Valore del rapporto capacità/domanda per l' azione di interesse (momento per travi e azione assiale per aste) utilizzato per l' amplificazione delle azioni
f.Om. N						Fattore di amplificazione delle azioni assiali per travi e colonne (prodotto di 1.1 x Omega x gamma rd materiale); utilizzato come specificato al par. 7.5.5
f.Om. T						Fattore di amplificazione delle azioni (assiali, flettenti e taglianti) per colonne (prodotto di 1.1 x Omega x gamma rd materiale); utilizzato come specificato al par. 7.5.4
V.7.5.4 M Ed						Verifica come prevista al punto 7.5.4 e valore dell' azione flettente
V.7.5.5 N Ed						Verifica come prevista al punto 7.5.5 e valore dell' azione assiale
V.7.5.6 V Ed,G V Ed,M						Verifica come prevista al punto 7.5.6 e valore dei tagli dovuti ai carichi e alla capacità
V.7.5.10 V Ed						Verifica come prevista al punto 7.5.10 e valore dell' azione di taglio
sovr. Xi (Xf, Yi, Yf)						Valore della sovreresistenza come prevista al par. 7.5.4.2 (i valori non sono normalizzati pertanto saranno maggiori uguali a gamma rd in base alla classe di duttilità)

Nel caso in cui λ_{S} sia minore di 0.2, oppure nel caso in cui la sollecitazione di calcolo N_{Ed} sia inferiore a 0.04 Ncr, gli effetti legati ai fenomeni di instabilità sono trascurati, come da paragrafo 4.2.4.1.3.1

Trave	Stato	Note	V V/T	V N/M	V stab	Cl.LamS 22	LamS 33	Snell.	Chi mn	V
flstLamS	LT	Chi LTRif. cmb								
1	oks=3,m=12	0.05	0.42			3	0.4	0.6	52.0	0.79
	13,13,0,0									
2	oks=3,m=12	0.11	0.85			3	0.4	1.2	103.9	0.44
	13,13,0,0									
7	oks=2,m=12	0.04	0.50	0.36		2	0.2	0.2	17.2	1.00
	14,13,12,0									
8	oks=2,m=12	0.25	0.85	0.69		2	0.2	0.2	17.2	1.00
	14,41,21,0									
9	oks=2,m=12	0.39	0.60	0.60		2	0.2	0.2	17.2	1.00
	12,19,19,0									
10	oks=2,m=12	0.29	0.51	0.40		2	0.2	0.2	17.2	1.00
	12,13,12,0									
11	oks=2,m=12	0.18	0.59	0.51		2	0.2	0.2	17.2	1.00

12	oks=3,m=12	12,13,12,0 0.11 13,13,0,0	0.85			3	0.4	1.2	103.9	0.44	
...											
120	oks=3,m=12	0.02 9,34,0,0	0.09	0.49		3	0.4	1.2	103.9	0.44	
Trave	flstLamS	LTChi LT	V V/T	V N/M	V stab	LamS 22	LamS 33	Snell.	Chi mn	V	
											0.44
			0.39	0.85	0.69		0.37	1.20	103.94		
								0.0			0.0
	0.0	0.0									
							0.0	0.0	0.0	0.0	
0.0	0.0	0.0									
Pilas.	Stato	Note	V V/T	V N/M	V stab	Cl.LamS 22	LamS 33	Snell.	Chi mn	V	
flstLamS	LTChi	LTRif. cmb									
3	oks=1,m=12	0.04	0.60	0.43		1	1.4	0.8	120.4	0.35	
0.40	0.2	1.0012,19,12,14									
4	oks=1,m=12	0.11	0.97	0.97		1	1.4	0.8	120.4	0.35	
0.97	0.2	1.0013,13,12,14									
5	oks=1,m=12	0.10	0.88	0.88		1	1.4	0.8	120.4	0.35	
0.88	0.2	1.0012,13,12,12									
6	oks=1,m=12	0.11	0.97	0.97		1	1.4	0.8	120.4	0.35	
0.97	0.2	1.0013,13,12,14									
22	oks=1,m=12	0.04	0.60	0.43		1	1.4	0.8	120.4	0.35	
0.40	0.2	1.0012,17,12,14									
Pilas.	flstLamS	LTChi LT	V V/T	V N/M	V stab	LamS 22	LamS 33	Snell.	Chi mn	V	
											0.35
		1.00									
			0.11	0.97	0.97		1.39	0.83	120.40		
0.97	0.24										

STATI LIMITE D' ESERCIZIO ACCIAIO

LEGENDA TABELLA STATI LIMITE D' ESERCIZIO ACCIAIO

In tabella vengono riportati i valori di interesse per il controllo degli stati limite d'esercizio.

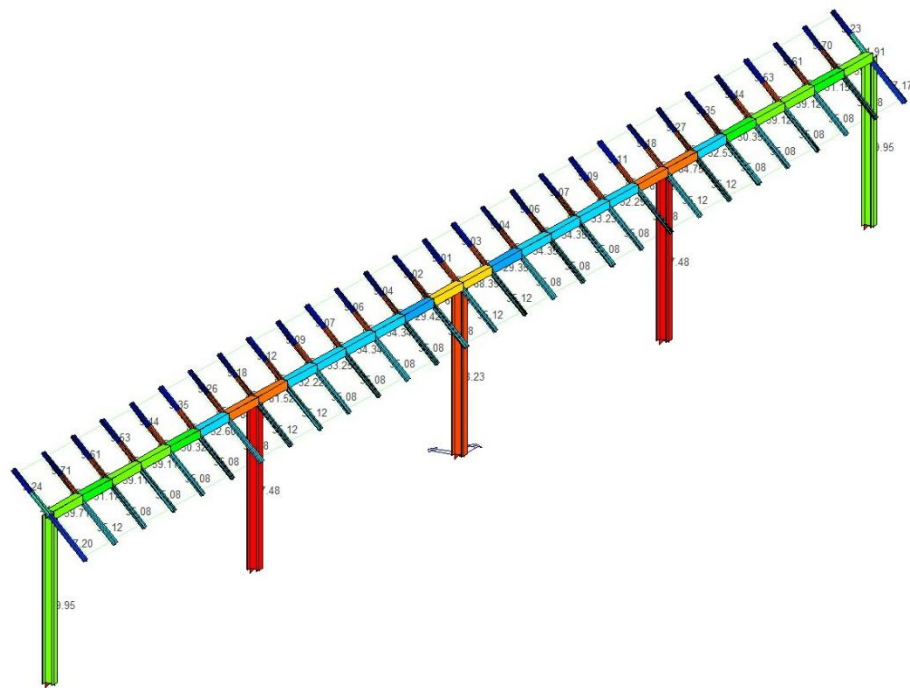
In particolare vengono riportati, per gli elementi trave, i risultati relativi alle combinazioni considerate (rare o caratteristiche).

I valori di interesse sono i seguenti:

f*1000/L	massima deformazione normalizzata in combinazioni rare
-----------------	--

Si precisa che i valori di massima deformazione per travi sono riferiti ai due piani locali (1-2 con momenti flettenti 3-3 e 1-3 con momenti flettenti 2-2). Il valore riportato (massimo) è espresso in 1000/L per rendere agevole il confronto di più valori e in particolare di più range di valori (ad esempio 2 rappresenta L/500, 4 L/250 e così via).

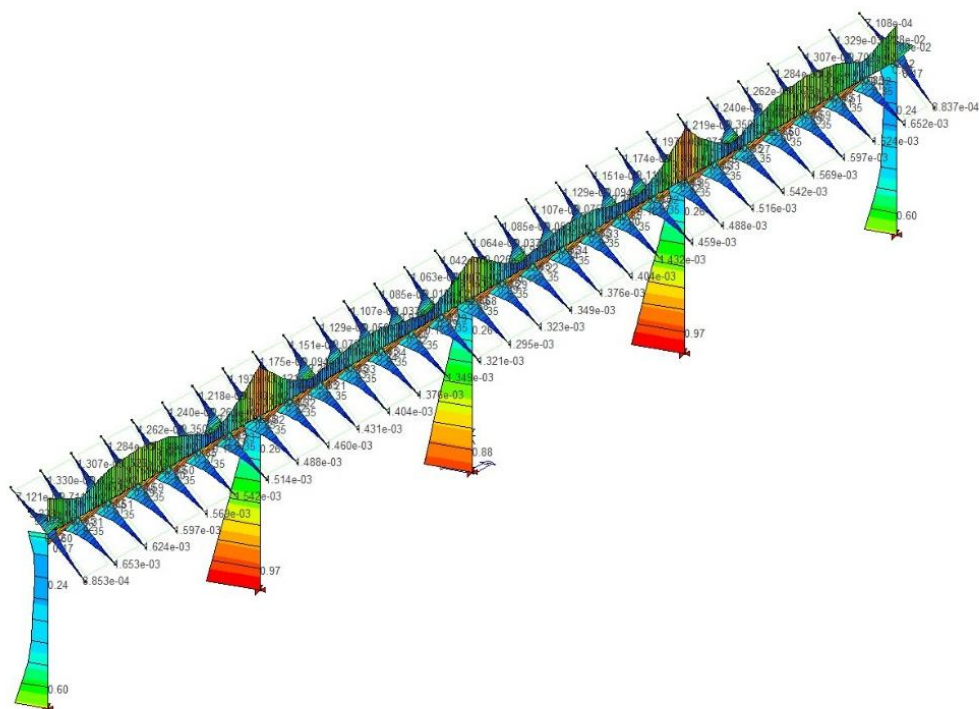
Trave f*1000/L	Trave f*1000/L	Trave f*1000/L	Trave f*1000/L	Trave f*1000/L	Trave f*1000/L
1	11.6	2	25.8	7	4.6
11.8	11	6.3		8	5.1
12	25.8	13	24.5	14	11.6
25.2	18	17.7		15	24.5
19	16.3	20	21.4	21	22.7
27.1	26	25.8		23	26.5
27	22.8	28	24.1	29	19.8
29.2	33	18.5		30	17.7
34	16.3	35	27.1	36	25.2
28.8	40	28.4		37	23.9
41	30.4	42	29.1	43	23.2
26.5	47	30.4		44	24.5
48	29.1	49	17.5	50	22.7
23.2	54	27.1		51	27.5
55	28.4	56	28.8	57	30.6
25.2	61	19.8		58	29.2
62	11.6	63	27.1	64	25.8
21.4	68	24.1		65	18.5
69	22.8	70	25.2	71	2.6
3.6	75	2.6		72	2.2
76	3.8	77	0.4	78	2.6
3.8	82	2.6		79	1.9
83	3.6	84	0.4	85	6.3
7.0	89	4.6		86	15.1
90	11.8	91	0.7	92	11.6
19.0	96	24.0		93	27.2
97	27.9	98	28.4	99	25.4
31.9	103	26.6		100	21.1
104	30.2	105	29.7	106	31.7
27.9	110	31.7		107	25.9
111	24.0	112	25.9	113	29.7
26.6	117	21.1		114	30.2
118	11.6	119	28.4	120	25.4



PROGETTO	
Sfruttamento (%)	
97.48	
91.33	
85.18	
79.03	
72.88	
66.73	
60.58	
54.43	
48.28	
42.13	
35.98	
29.83	
23.68	
17.53	
11.38	
5.23	

2026_39 Verifica Modulo Tracker Fotovoltaico rev01.PSP

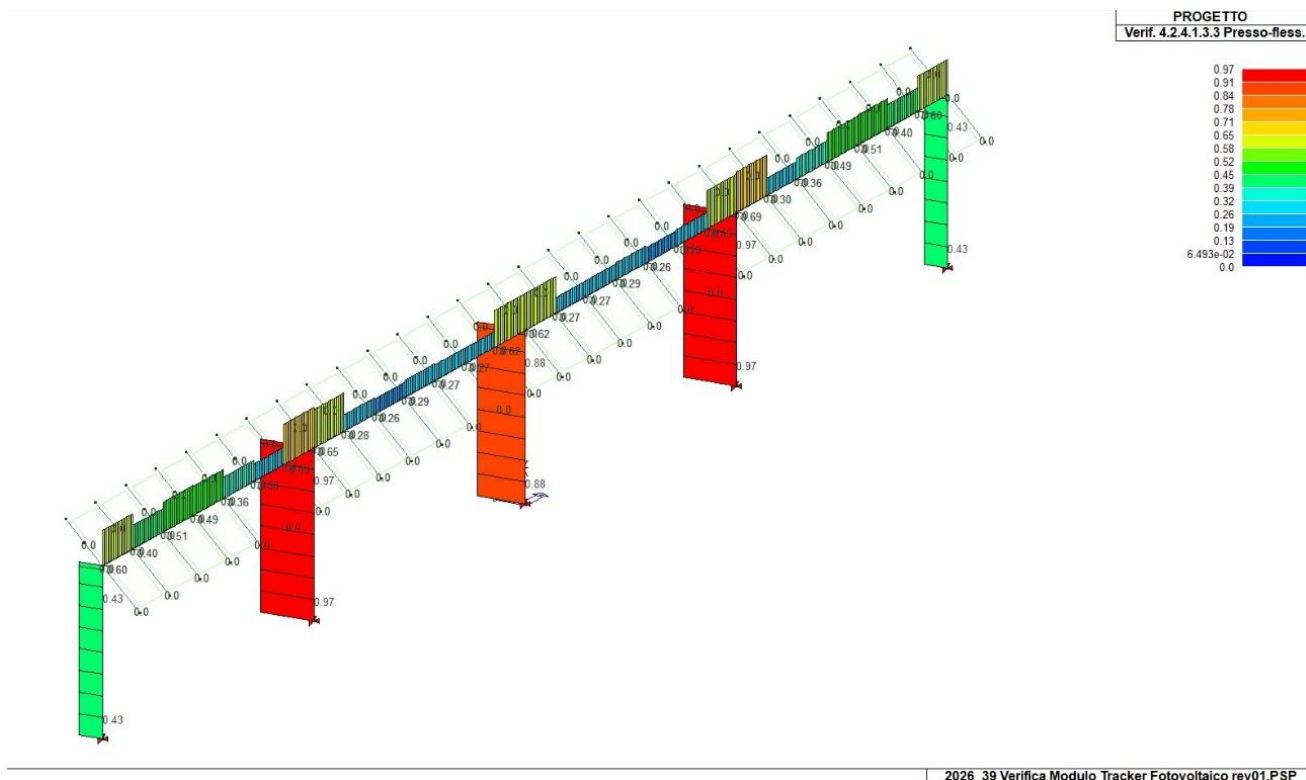
SFRUTTAMENTO PROFILI



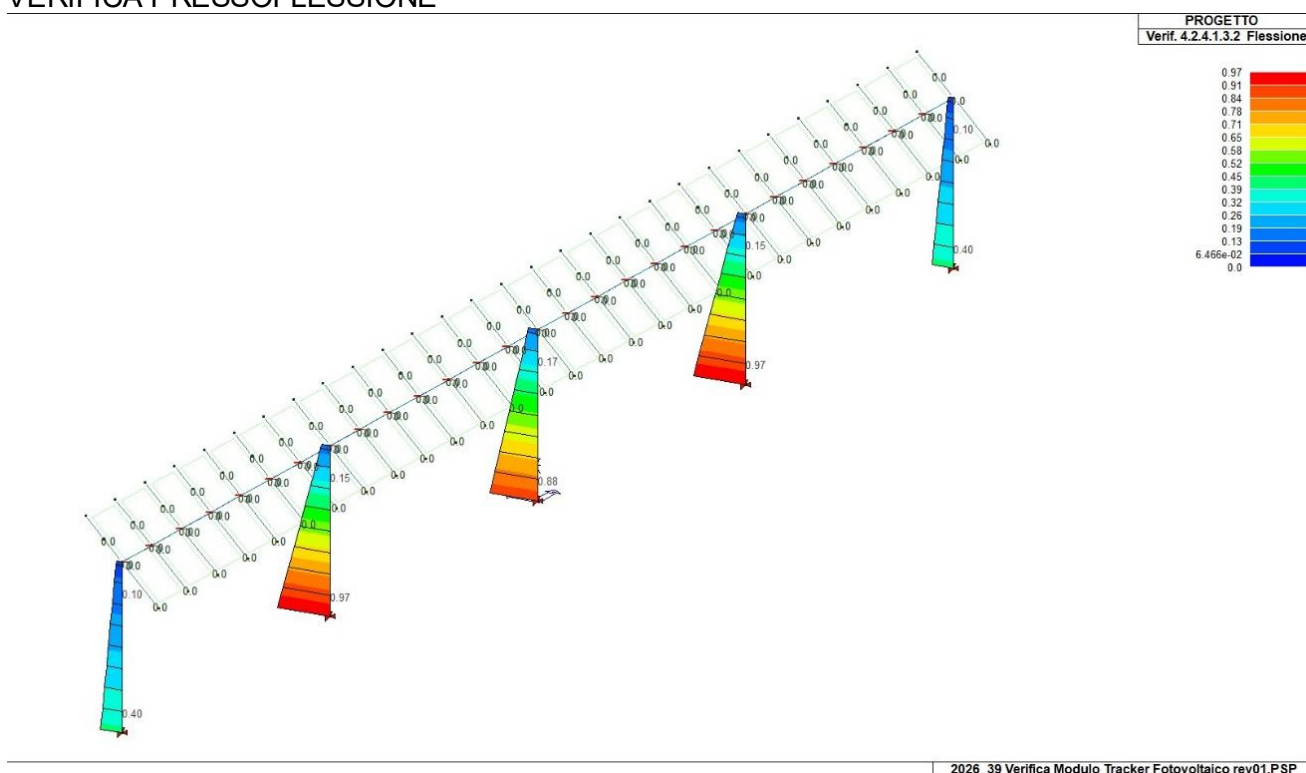
PROGETTO	
Verif. 4.2.4.1.2 N/mm²	
0.97	
0.91	
0.84	
0.78	
0.72	
0.65	
0.59	
0.52	
0.46	
0.39	
0.33	
0.26	
0.20	
0.13	
6.565e-02	
7.108e-04	

2026_39 Verifica Modulo Tracker Fotovoltaico rev01.PSP

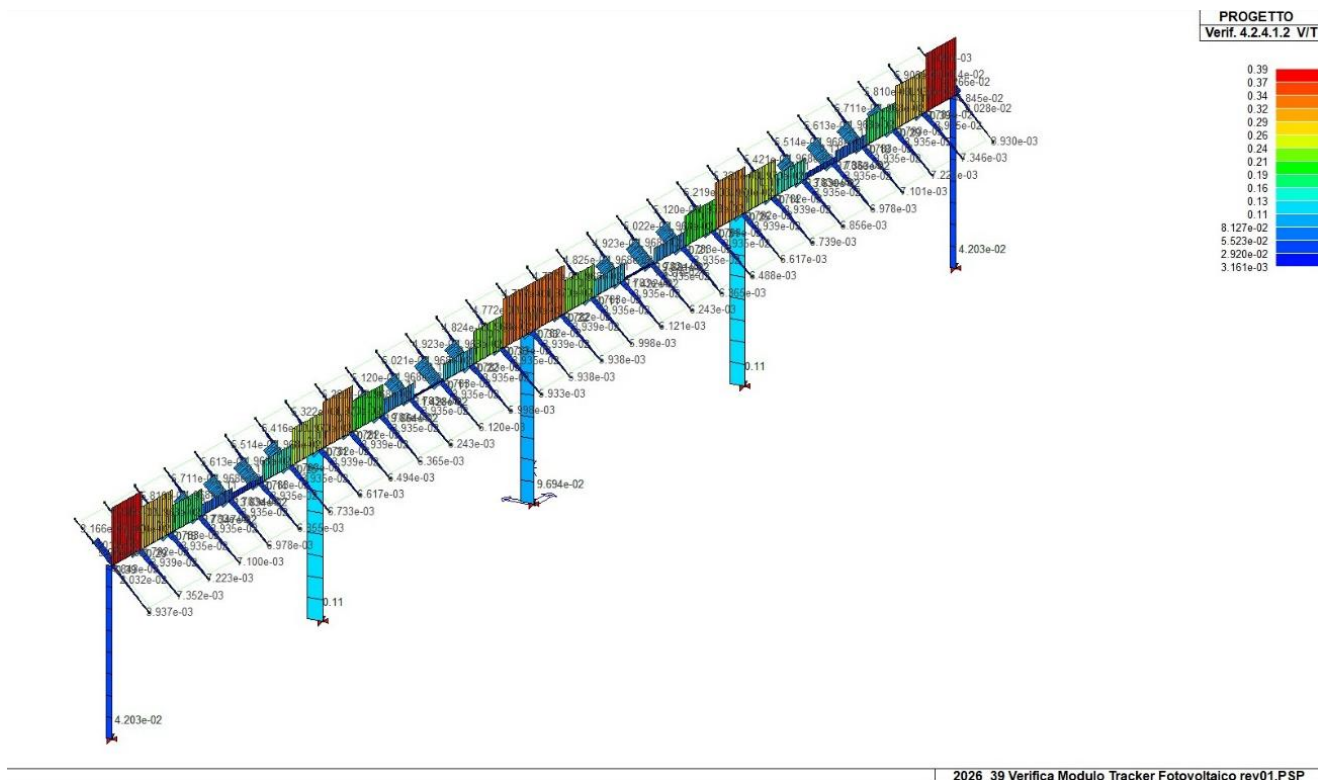
VERIFICA NM



VERIFICA PRESSOFLESSIONE



VERIFICA A FLESSIONE SEMPLICE



VERIFICA VT

VERIFICA A RIBALTAMENTO DEI TRACKERS

La verifica a ribaltamento appartiene all'insieme delle verifiche di stabilità che in genere vengono eseguite per le opere di sostegno. La verifica consiste nell'esaminare l'equilibrio alla rotazione del corpo libero, fissando un punto di rotazione e analizzando le forze che determinano l'equilibrio. Le azioni da considerare sono in genere fornite dalla spinta del terrapieno a monte, dalle forze permanenti di natura gravitazionale, dalle azioni inerziali dovute all'effetto del sisma, associate alle masse del muro, del terreno e di eventuali carichi e sovraccarichi agenti.

Tali verifiche fanno capo al paragrafo 6.5.3.1.1 delle NTC 2018 che riguarda esclusivamente le verifiche in fondazione dei muri di sostegno.

Verifiche simili vengono condotte per gli edifici in muratura ipotizzando la formazione di cinematismi di collasso con la rotazione delle pareti durante il crollo sotto l'azione sismica.

Le fondazioni in esame riguardano invece i pali di fondazione infissi per i quali sono identificate le verifiche di cui al paragrafo 6.4.3.1 e che nello specifico sono:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;

- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
- collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
- stabilità globale;

- SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza dei pali;
- raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali.

Nel caso in esame è possibile ipotizzare un equilibrio delle forze agenti contrapposte: da un lato l'azione del vento che tende a ribaltare l'insieme dei pannelli fotovoltaici, dall'altro l'azione del terreno di fondazione che con la tensione di contatto palo–terreno contrasta la rotazione. Il centro di rotazione può considerarsi il piano campagna, punto in cui si verifica un cambio di segno delle azioni stabilizzanti e destabilizzanti applicate alla struttura.

L'azione del vento viene applicata come carico superficiale sull'area complessiva dei pannelli fotovoltaici e viene contrapposta alla spinta passiva che il terreno fornisce ai pali di fondazione, direttamente infissi nel terreno.

Pressione del vento

- $P_{\text{vento}} = q_r C_e C_p C_d = 75 \text{ daN/mq}$
- $A_{\text{fotovoltaico}} = 14,19 \text{ mq}$ (consideriamo l'area di influenza del pilastro centrale maggiormente sollecitato come condizione in favore di sicurezza)
- Coefficiente di Forza $C_F = - 2,45$ (C3.3.8.2.1 – NTC 2018: considerando $\Phi = 0$ che corrisponde all'assenza di ostruzioni al di sotto della tettoia “tettoia libera”)

C3.3.8.2.1 Tettoie a falda singola

La Tabella C3.3.XV e la relativa Figura C3.3.21 riportano i valori dei coefficienti di forza per le tettoie a semplice falda con vento agente perpendicolarmente alla linea di colmo. I valori dei coefficienti di forza sono espressi in funzione del grado di bloccaggio ϕ e dell'inclinazione α della falda. Per valori intermedi di ϕ è ammessa un'interpolazione lineare tra i valori relativi ai casi $\phi=0$ e $\phi=1$. La quota di riferimento $\bar{z}_e$ è pari all'altezza massima h della tettoia. L'area di riferimento L^2 , ossia l'area su cui è applicata la forza risultante, è pari all'area della tettoia.

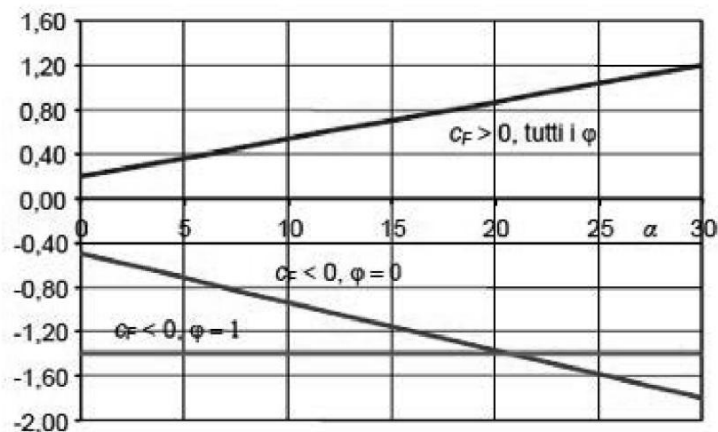
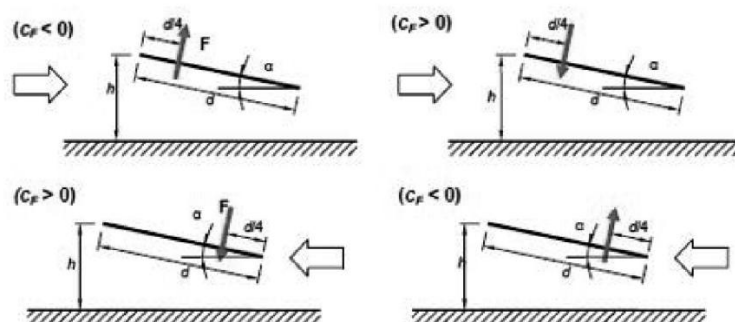


Figura C3.3.21 - Coefficienti di pressione complessiva per tettoie a semplice falda

Tabella C3.3.XV - Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda (α in $^\circ$).

Valori positivi	Tutti i valori di ϕ	$c_F = +0,2 + \alpha/30$
Valori negativi	$\phi = 0$	$c_F = -0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30$
	$\phi = 1$	$c_F = -1,4$

Per il calcolo della tettoia si considerano le condizioni di carico più gravose tra le quattro indicate nella Figura C3.3.22, dove la forza risultante $F = q_p(z) L^2 c_F$



Tettoie a semplice falda: posizione del punto di applicazione della forza risultante in funzione della direzione di provenienza del vento e della direzione della forza

Figura C3.3.22

Consideriamo poi l'inclinazione massima della struttura di sostegno dei pannelli = 55° come la condizione più svantaggiosa per il ribaltamento dei pannelli e andiamo a calcolare quale sia la spinta effettiva del vento e il relativo Momento ribaltante:

VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE DEI TRACKER SOGGETTI AD AZIONI ORIZZONTALI DA VENTO

Premessa

Le fondazioni dei tracker fotovoltaici in progetto sono costituite da pali metallici infissi nel terreno direttamente sollecitati dalle azioni trasmesse dalla struttura di sostegno dei pannelli fotovoltaici. Le verifiche sono condotte in conformità alle prescrizioni del D.M. 17/01/2018 – NTC 2018, con particolare riferimento al §6.4.3.1 relativo ai pali di fondazione soggetti a carichi assiali e trasversali. Nel caso in esame, il comportamento strutturale del sistema è assimilabile a quello di una mensola infissa nel terreno, soggetta prevalentemente ad azioni orizzontali derivanti dal vento agente sui pannelli fotovoltaici.

L'equilibrio del sistema non viene pertanto valutato secondo gli schemi tipici dei muri di sostegno di cui al §6.5.3.1.1 delle NTC 2018, bensì mediante verifica della capacità resistente del sistema palo–terreno nei confronti delle azioni trasversali e della resistenza strutturale del profilato metallico.

Le azioni destabilizzanti sono costituite dalla pressione del vento agente sull'area dei pannelli fotovoltaici, mentre le azioni resistenti sono fornite:

- dalla rigidezza e resistenza flessionale del palo metallico;
- dalla reazione passiva mobilitata dal terreno lungo il tratto infisso del palo.

Azione del vento sui pannelli fotovoltaici

La pressione del vento agente sui pannelli è assunta pari a:

$$P_{vento} = q_r \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d = 88 \text{ daN/m}^2$$

L'area di influenza considerata per il pilastro centrale maggiormente sollecitato è pari a:

$$A_{FV} = 14,19 \text{ m}^2$$

Per la valutazione delle azioni aerodinamiche si assume:

$$C_F = -2,45$$

in accordo con il §C3.3.8.2.1 delle NTC 2018, considerando configurazione assimilabile a “tettoia libera”, corrispondente a:

$$\Phi = 0$$

La configurazione maggiormente gravosa ai fini del ribaltamento è assunta con inclinazione

massima dei pannelli pari a:

$$\alpha = 55^\circ$$

Le componenti dell'azione del vento risultano pertanto:

Componente orizzontale del vento

$$H_{vento} = P_{vento} \cdot A_{FV} \cdot C_F \cdot \sin(55^\circ) = 25,05 \text{ kN}$$

Componente verticale del vento

$$V_{vento} = P_{vento} \cdot A_{FV} \cdot C_F \cdot \cos(55^\circ) = 17,54 \text{ kN}$$

Momento flettente agente al piano campagna

L'azione orizzontale del vento genera un momento flettente al piano campagna pari a:

$$M_{Ed} = H_{vento} \cdot h$$

assumendo un braccio della forza orizzontale pari a:

$$h = 3,00 \text{ m}$$

si ottiene:

$$M_{Ed} = 25,05 \cdot 3,00 = 75,15 \text{ kNm}$$

Tale valore rappresenta il momento sollecitante trasmesso al palo di fondazione.

Verifica geotecnica del sistema palo-terreno

La verifica geotecnica viene condotta considerando la resistenza laterale mobilitata dal terreno lungo il tratto infisso del palo.

Il terreno di fondazione è costituito da argilla limosa con resistenza non drenata indicativa:

$$c_u = 40 \text{ kPa}$$

La resistenza laterale ultima del terreno viene stimata mediante approccio semplificato secondo teoria di Broms per pali soggetti a carichi trasversali in terreni coesivi.

Assumendo:

- profondità di infissione del palo:

$$L = 4,00 \text{ m}$$

- larghezza equivalente del palo:

$$B = 0,20 \text{ m}$$

- coefficiente prudenziale:

$$N_c = 3$$

si ottiene la pressione laterale ultima:

$$p_u = N_c \cdot C_u \cdot B = 24 \text{ kN/m}$$

Il momento resistente geotecnico risulta quindi:

$$M_{R,geo} = \frac{p_u L^2}{2}$$
$$M_{R,geo} = \frac{24 \cdot 4^2}{2} = 192 \text{ kNm}$$

Poiché:

$$M_{Ed} = 75,15 \text{ kNm} < M_{R,geo} = 192 \text{ kNm}$$

la verifica geotecnica nei confronti del collasso per azioni trasversali risulta soddisfatta.

Verifica strutturale del palo metallico

Il palo di fondazione è costituito da profilato metallico HEA200 infisso nel terreno.

La verifica strutturale viene eseguita confrontando il momento flettente agente con il momento resistente del profilato metallico.

Per profilato HEA200 in acciaio S275 si assume, cautelativamente, un momento resistente indicativo:

$$M_{Rd} \approx 100 \text{ kNm}$$

in corrispondenza della flessione secondo asse forte.

Risulta pertanto:

$$M_{Ed} = 75,15 \text{ kNm} < M_{Rd} = 100 \text{ kNm}$$

Per cui la verifica strutturale del palo risulta soddisfatta.

Conclusioni

Le verifiche eseguite mostrano che il sistema di fondazione dei tracker fotovoltaici risulta verificato nei confronti delle azioni orizzontali indotte dal vento, sia dal punto di vista geotecnico, per quanto riguarda la capacità resistente laterale del terreno, sia dal punto di vista strutturale, relativamente alla resistenza flessionale del palo metallico infisso.

Roma

18/05/2026

Il progettista strutturale

Ing. Giovanni Trinetti