



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”.

2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.

Via Garibaldi, 90

44121 Ferrara FE (Italy)

Tel. +39 0532 200091

Fax +39 0532 200086

www.2si.it

info@2si.it

D.M. 17/01/18 cap. 10.2 Affidabilità dei codici utilizzati

<http://www.2si.it/software/Affidabilità.htm>

INTESTAZIONE E CONTENUTI DELLA RELAZIONE

Progetto

Contenuti della relazione:

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

- *Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo*
- *Affidabilità dei codici utilizzati*
- *Validazione dei codici*
- *Tipo di analisi svolta*
- *Modalità di presentazione dei risultati*
- *Informazioni generali sull'elaborazione*
- *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati*

STAMPA DEI DATI DI INGRESSO

- *Normative prese a riferimento*
- *Criteri adottati per le misure di sicurezza*
- *Criteri seguiti nella schematizzazione della struttura, dei vincoli e delle sconnessioni*
- *Interazione tra terreno e struttura*
- *Legami costitutivi adottati per la modellazione dei materiali e dei terreni*
- *Schematizzazione delle azioni, condizioni e combinazioni di carico*
- *Metodologie numeriche utilizzate per l'analisi strutturale*
- *Metodologie numeriche utilizzate per la progettazione e la verifica degli elementi strutturali*

STAMPA DEI RISULTATI

Il Progettista:

3 agosto 2020

INTESTAZIONE E CONTENUTI DELLA RELAZIONE	3
Progetto	3
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE	6
Premessa	6
Descrizione generale dell'opera	6
Descrizione generale dell'opera	6
Principali caratteristiche della struttura.....	6
Parametri della struttura	6
Fattore di struttura	6
Quadro normativo di riferimento adottato.....	6
Progetto-verifica degli elementi.....	6
Azione sismica	6
Azioni di progetto sulla costruzione	7
Modello numerico	7
Tipo di analisi strutturale.....	7
Informazioni sul codice di calcolo.....	7
Affidabilità dei codici utilizzati.....	8
Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:.....	8
Dimensione del modello strutturale [cm]:	8
Strutture verticali:	8
Strutture non verticali:	8
Orizzontamenti:	8
Tipo di vincoli:.....	8
Modellazione delle azioni.....	8
Combinazioni e/o percorsi di carico	9
Combinazioni dei casi di carico.....	9
Principali risultati.....	9
Informazioni generali sull'elaborazione e giudizio motivato di accettabilità dei risultati.	10
Verifiche agli stati limite ultimi.....	10
Verifiche agli stati limite di esercizio	10
RELAZIONE SUI MATERIALI	10
NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	11
CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI	12

LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI	12
MODELLAZIONE DELLE SEZIONI.....	17
LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI	17
MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE.....	19
TABELLA DATI TRAVI.....	19
MODELLAZIONE DELLE AZIONI.....	21
LEGENDA TABELLA DATI AZIONI.....	21
SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO.....	23
LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO.....	23
DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI	26
LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO.....	26
RISULTATI ELEMENTI TIPO TRAVE	28
LEGENDA RISULTATI ELEMENTI TIPO TRAVE.....	28
VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO.....	30
LEGENDA TABELLA VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO.....	30
STATI LIMITE D' ESERCIZIO ACCIAIO	32
LEGENDA TABELLA STATI LIMITE D' ESERCIZIO ACCIAIO.....	32
VERIFICHE S.L. ELEMENTI IN LEGNO.....	34
LEGENDA TABELLA VERIFICHE S.L. ELEMENTI IN LEGNO.....	34

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

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

Calcolo di una capriata zoppa in legno lamellare

Descrizione generale dell'opera	
Fabbricato ad uso	
Ubicazione	Comune di VALGUARNERA CAROPEPE (EN) (Regione SICILIA) Località VALGUARNERA CAROPEPE (EN) Longitudine 14.389, Latitudine 37.495
Numero di piani	Fuori terra Interrati le dimensioni dell'opera in pianta sono racchiuse in un rettangolo di
Numero vani scale	
Numero vani ascensore	
Tipo di fondazione	

Principali caratteristiche della struttura	
Struttura regolare in pianta	
Struttura regolare in altezza	
Classe di duttilità	
Travi: ricalate o in spessore	
Pilastr	
Pilastr in falso	
Tipo di fondazione	
Condizioni per cui è necessario considerare la componente verticale del sisma	

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

Fattore di struttura

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:

$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F} \text{ dove}$$

\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	
Statica lineare	SI
Statica non lineare	NO
Sismica statica lineare	NO
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

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:	
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Dati utente finale:	***** COMPLETARE *****
Codice Utente:	***** COMPLETARE *****
Codice Licenza:	Licenza non individuata

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:
<http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm>

Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:

nodi	992
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	4
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	948
elementi solaio	8
elementi solidi	0

Dimensione del modello strutturale [cm]:

X min =	-631.20
Xmax =	822.35
Ymin =	-144.11
Ymax =	629.01
Zmin =	0.00
Zmax =	1040.00

Strutture verticali:

Elementi di tipo asta	NO
Pilastri	NO
Pareti	SI
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
Tensioni ammissibili	NO
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	NO
SLC	NO
SLD	NO
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

Principali risultati

I risultati devono costituire una sintesi completa ed efficace, presentata in modo da riassumere il comportamento della struttura, per ogni tipo di analisi svolta.

2.8.1. Risultati dell'analisi modale

Viene riportato il tipo di analisi modale condotta, restituiti i risultati della stessa e valutate le informazioni desumibili in merito al comportamento della struttura.

2.8.2. Deformate e sollecitazioni per condizioni di carico

Vengono riportati i principali risultati atti a descrivere il comportamento della struttura, in termini di stati di sollecitazione e di deformazione generalizzata, distinti per condizione elementare di carico o per combinazioni omogenee delle stesse.

2.8.3. Involuppo delle sollecitazioni maggiormente significative. L'analisi e la restituzione degli involuppi (nelle combinazioni considerate agli SLU e agli SLE) delle caratteristiche di sollecitazione devono essere finalizzate alla valutazione dello stato di sollecitazione nei diversi elementi della struttura.

2.8.4. Reazioni vincolari

Vengono riportate le reazioni dei vincoli nelle singole condizioni di carico e/o nelle combinazioni considerate.

2.8.5. Altri risultati significativi

Nella presente parte vengono riportati tutti gli altri risultati che il progettista ritiene di interesse per la descrizione e la comprensione del/i modello/i e del comportamento della struttura.

La presente relazione, oltre ad illustrare in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare, riporta una serie di immagini:

per i dati in ingresso:

- modello solido della struttura
- numerazione di nodi e ed elementi
- configurazioni di carico statiche
- configurazioni di carico sismiche con baricentri delle masse e eccentricità

per le combinazioni più significative (statisticamente più gravose per la struttura):

- configurazioni deformate
- diagrammi e involuppi delle azioni interne
- mappe delle tensioni
- reazioni vincolari
- mappe delle pressioni sul terreno

per il progetto-verifica degli elementi:

- diagrammi di armatura
- percentuali di sfruttamento
- mappe delle verifiche più significative per i vari stati limite

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 SLU 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.

RELAZIONE SUI MATERIALI

Il capitolo Materiali riporta informazioni esaustive relative all'elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa in opera e ai valori di calcolo.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
 2. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
 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.
- 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.

NOTA sul capitolo "normativa di riferimento": 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 norme antecedenti al DM 17.01.08 è dovuto a progettazione simulata di edificio esistente.

In attesa della pubblicazione della circolare di istruzione per l'applicazione delle Norme Tecniche delle Costruzioni del 17 gennaio 2018 viene utilizzata la CIRCOLARE esplicativa n. 617 del 2 febbraio 2009, "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008". I riferimenti alla succitata circolare sono riportati con carattere di colore rosso.

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
Poisson	coefficiente di contrazione trasversale
G	modulo di elasticità tangenziale
Gamma	peso specifico
Alfa	coefficiente di dilatazione termica

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	cemento armato	Rck Fctm	resistenza caratteristica cubica resistenza media a trazione semplice
2	acciaio	Ft Fy Fd Fdt Sadm Sadmt	tensione di rottura a trazione tensione di snervamento resistenza di calcolo resistenza di calcolo per spess. $t > 40$ mm tensione ammissibile tensione ammissibile per spess. $t > 40$ mm
3	muratura	Resist. Fk Resist. Fvko	resistenza caratteristica a compressione resistenza caratteristica a taglio
4	legno	Resist. fc0k Resist. ft0k Resist. fmk Resist. fvk Modulo E0,05 Lamellare	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per compressione 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

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

Con 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" - versione Maggio 2011, disponibile per il download sul sito www.2si.it, si segnalano i seguenti esempi applicativi:

Modellazione di strutture in c.a.

Test N°	Titolo
41	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER TRAVI IN C.A.
42	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER PILASTRI IN C.A.
43	VERIFICA ALLE TA DI STRUTTURE IN C.A.
44	VERIFICA AGLI SLU DI STRUTTURE IN C.A.
45	VERIFICA A PUNZONAMENTO ALLO SLU DI PIASTRE IN C.A.
46	VERIFICA A PUNZONAMENTO ALLO SLU DI TRAVI IN C.A.
47	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 9/1/96
48	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 14/1/2008
49	VERIFICA ALLO SLE (TENSIONI E FESSURAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
50	VERIFICA ALLO SLE (DEFORMAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
51	FATTORE DI STRUTTURA
52	SOVRARESISTENZE
53	DETTAGLI COSTRUTTIVI C.A.: LIMITI D'ARMATURA PILASTRI E NODI TRAVE-PILASTRO
54	PARETI IN C.A. SNELLE IN ZONA SISMICA
80	ANALISI PUSHOVER DI UN EDIFICIO IN C.A.
120	PROGETTO E VERIFICA DI TRAVI PREM

Modellazione di strutture in acciaio

Test N°	Titolo
55	VERIFICA DI STABILITA' DI ASTE COMPRESSE IN ACCIAIO – METODO OMEGA
56	LUCE LIBERA DI TRAVI E ASTE IN ACCIAIO
57	LUCE LIBERA DI COLONNE IN ACCIAIO
58	SVERGOLAMENTO DI TRAVI IN ACCIAIO
59	FATTORE DI STRUTTURA
60	ACCIAIO D.M.2008
61	ACCIAIO EC3
62	GERARCHIA RESISTENZE STRUTTURE IN ACCIAIO
63	STABILITA' DI ASTE COMPOSTE IN ACCIAIO
73	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO CON PRESENZA IRRIGIDIMENTI TRASVERSALI
74	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO CON PRESENZA DI UN PIATTO DI RINFORZO SALDATO ALL'ANIMA DELLA COLONNA
75	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO CON PRESENZA DI DUE PIATTI DI RINFORZO SALDATI ALL'ANIMA DELLA COLONNA
76	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO A DUE VIE SU ALI COLONNA
77	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO A UNA VIA CON DUE COMBINAZIONI DI CARICO
78	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO SU ANIMA SENZA RINFORZI A QUATTRO FILE DI BULLONI DI CUI UNA SU PIASTRA INFERIORE E UNA SU PIASTRA SUPERIORE
79	VERIFICA DELLA PIASTRA NODO TRAVE COLONNA
85	TELAIO ACCIAIO: CONTROVENTI CONCENTRICI

Modellazione di strutture in muratura

Test N°	Titolo
81	ANALISI PUSHOVER DI UNA STRUTTURA IN MURATURA
84	ANALISI ELASTO PLASTICA INCREMENTALE, PARETE IN MURATURA

86	VERIFICA NON SISMICA DELLE MURATURE (D.M. 87 TA)
87	VERIFICA NON SISMICA DELLE MURATURE (D.M. 2005 SL)
88	FATTORE DI STRUTTURA

Modellazione di strutture in legno

Test N°	Titolo
17	SOLAI: MISTO LEGNO-CALCESTRUZZO
89	VERIFICA ALLO SLU DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
90	VERIFICA ALLO SLE DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
91	FATTORE DI STRUTTURA
92	VERIFICHE EC5
93	SNELLEZZE EC5
94	VERIFICA AL FUOCO DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
117	PROGETTO E VERIFICA DI GUSCI IN MATERIALE XLAM
118	PROGETTO E VERIFICA DI PARETI IN MATERIALE XLAM E RELATIVI COLLEGAMENTI
119	PROGETTO E VERIFICA DI SOLAI IN MATERIALE XLAM

Id	Tipo / Note	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa
		daN/cm2	daN/cm2		daN/cm2	daN/cm3
10	Acciaio Fe360 - S235		2.100e+06	0.30	8.077e+05	7.80e-03
	ft	3600.0				
	fy	2350.0				
	fd	2350.0				
	fdt	2100.0				
	sadm	1600.0				
	sadmt	1400.0				
30	Muratura a conci di pietra tenera E = 1.080e+04		1.080e+04	0.0	3600.0	1.60e-03
	Resist. fk	14.0				
	Resist. fvko	0.3				
43	Legno massiccio C14-legno E = 7.000e+04		7.000e+04	0.0	4400.0	2.90e-04
	Modulo E0,05		4.700e+04			
	LamellareMateriale non massiccio e pertanto da considerare come lamellareNo					
	Resist. fc0k	160.0				
	Resist. ft0k	72.0				
	Resist. fmk	140.0				
	Resist. fvk	30.0				
55	Legno lamellare omogeneo GL24h E = 1.150e+05		1.150e+05	0.0	6500.0	4.20e-04
	Modulo E0,05		9.599e+04			
	LamellareMateriale non massiccio e pertanto da considerare come lamellareSi					
	Resist. fc0k	240.0				
	Resist. ft0k	192.0				
	Resist. fmk	240.0				
	Resist. fvk	35.0				

Aste acc.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Generalità						
Beta assegnato	0.80	0.80	0.80			
Verifica come controvento	No	No	Si			
Usa condizioni I e II	Si	Si	Si			
Coefficiente gamma M0	1.05	1.05	1.05			
Coefficiente gamma M1	1.05	1.05	1.05			
Coefficiente gamma M2	1.25	1.25	1.25			

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

Muratura	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Lunghezze libere						
Altezza interpiano [cm]	0.0	0.0	0.0			
Rho	0.85	0.85	0.85			
Snellezza limite	20.00	20.00	20.00			
Generalità						
Gamma non sismico	3.00	3.00	3.00			
Gamma sismico	2.00	2.00	2.00			
Fattore di confidenza FC	0.0	0.0	0.0			
Tolleranza azioni [daN/cm ²]	0.0	0.0	0.0			
Media valori per quota	Si	Si	Si			
Media valori per elemento	Si	Si	Si			
Verifica come fascia	No	No	No			
Usa formula [7.8.3]	Si	Si	Si			

Legno	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Lunghezze libere						
aste						
Beta assegnato	0.80		0.80	0.80		
travi						
3-3 Beta * L automatico	Si		Si	Si		
3-3 Beta assegnato	1.00		1.00	1.00		
3-3 Beta * L assegnato [cm]	0.0		0.0	0.0		
2-2 Beta * L automatico	Si		Si	Si		
2-2 Beta assegnato	1.00		1.00	1.00		
2-2 Beta * L assegnato [cm]	0.0		0.0	0.0		
1-1 Beta * L automatico	Si		Si	Si		

Legno	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
1-1 Beta assegnato	1.00	1.00	1.00			
1-1 Beta * L assegnato [cm]	0.0	0.0	0.0			
pilastr						
Metodo di calcolo 3-3	Assegnato	Assegnato	Assegnato			
3-3 Beta assegnato	2.00	2.00	2.00			
3-3 Beta * L assegnato [cm]	0.0	0.0	0.0			
Metodo di calcolo 2-2	Assegnato	Assegnato	Assegnato			
2-2 Beta assegnato	2.00	2.00	2.00			
2-2 Beta * L assegnato [cm]	0.0	0.0	0.0			
1-1 Beta assegnato	1.00	1.00	1.00			
1-1 Beta * L assegnato [cm]	0.0	0.0	0.0			
Generalità						
Gamma non sismico	1.50	1.50	1.50			
Gamma sismico	1.50	1.50	1.50			
Fattore di confidenza FC	0.0	0.0	0.0			
Classificazione						
Classe di servizio	1 (bassa umidità)	1 (bassa umidità)	1 (bassa umidità)			
Per classe di servizio 1						
Kmod permanente	0.60	0.60	0.60			
Kmod lunga	0.70	0.70	0.70			
Kmod media	0.80	0.80	0.80			
Kmod breve	0.90	0.90	0.90			
Kmod istantanea	1.00	1.00	1.00			
Kdef	0.60	0.60	0.60			
Per classe di servizio 2						
Kmod permanente	0.60	0.60	0.60			
Kmod lunga	0.70	0.70	0.70			
Kmod media	0.80	0.80	0.80			
Kmod breve	0.90	0.90	0.90			
Kmod istantanea	1.00	1.00	1.00			
Kdef	0.80	0.80	0.80			
Per classe di servizio 3						
Kmod permanente	0.50	0.50	0.50			
Kmod lunga	0.55	0.55	0.55			
Kmod media	0.65	0.65	0.65			
Kmod breve	0.70	0.70	0.70			
Kmod istantanea	0.90	0.90	0.90			
Kdef	2.00	2.00	2.00			

XLAM	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Generalità						
L direzione 1 [*] [cm]	1.00	1.00	1.00			
L direzione 2 [cm]	0.0	0.0	0.0			
Verifica V da D.38	No	No	No			
Verifica M da M.5-45	No	No	No			
Media valori elementi	Si	Si	Si			
Connessioni pareti						
rvpk [daN/cm]	50.00	50.00	50.00			
rvtk [daN/cm]	50.00	50.00	50.00			
rvlk [daN/cm]	50.00	50.00	50.00			
RHk [daN]	5000.00	5000.00	5000.00			
dH [cm]	25.00	25.00	25.00			
fch90k [daN/cm2]	20.00	20.00	20.00			
Pannelli solaio						
f ist<L/	500.00	500.00	500.00			
f inf<L/	350.00	350.00	350.00			
Verifica vibrazioni (EC5 7.3)	No	No	No			
E massetto collaborante [daN/cm2]	200000.00	200000.00	200000.00			
t massetto collaborante [cm]	4.00	4.00	4.00			
Smorzamento percentuale	0.0	0.0	0.0			
Resistenza al fuoco						
Spessore carbonizzazione [cm]	0.0	0.0	0.0			
3- intradosso	No	No	No			
3+ estradosso	No	No	No			

MODELLAZIONE DELLE SEZIONI

LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI

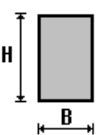
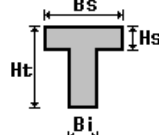
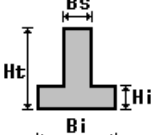
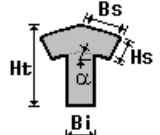
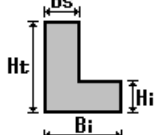
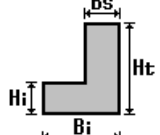
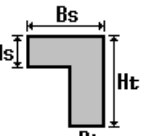
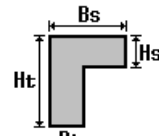
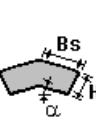
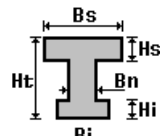
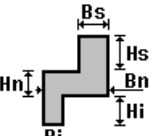
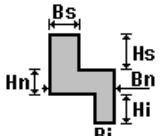
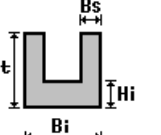
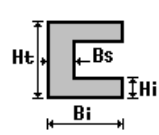
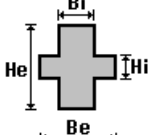
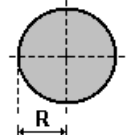
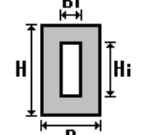
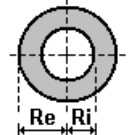
Il programma consente l'uso di sezioni diverse. Sono previsti i seguenti tipi di sezione:

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 rigidità
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 rigidità 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

Con 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" - versione Settembre 2014, disponibile per il download sul sito www.2si.it, si segnalano i seguenti esempi applicativi:

Test N°	Titolo
1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E INERZIALI
45	VERIFICA AGLI SLU DI STRUTTURE IN C.A.
48	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 9/1/96
49	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 14/1/2008
50	VERIFICA ALLO SLE (TENSIONI E FESSURAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
51	VERIFICA ALLO SLE (DEFORMAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
104	ANALISI DI RESISTENZA AL FUOCO

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
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	Capriata-Rettangolare: b=24 h=26	624.00	520.00	520.00	5.451e+04	2.995e+04	3.515e+04	2496.00	2704.00	3744.00	4056.00
2	Saetta-Rettangolare: b=20 h=24	480.00	400.00	400.00	3.189e+04	1.600e+04	2.304e+04	1600.00	1920.00	2400.00	2880.00
3	Tirante-Circolare: r=1.3	5.31	4.48	4.48	4.49	2.24	2.24	1.73	1.73	2.93	2.93

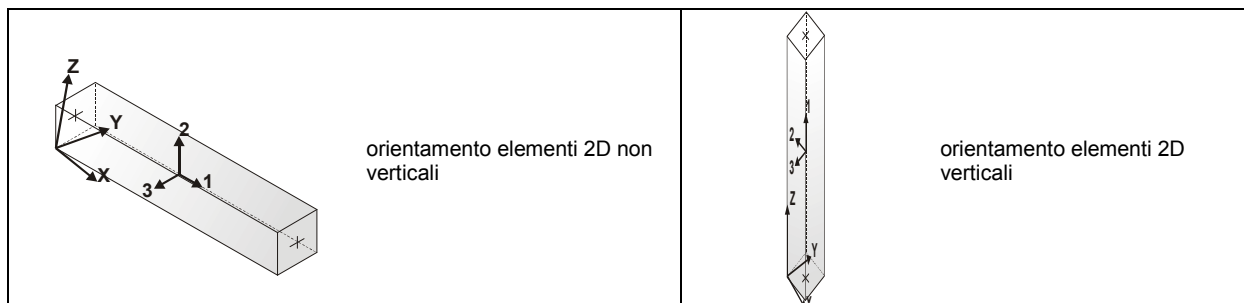
MODELLAZIONE STRUTTURALE: ELEMENTI TRAVE

TABELLA DATI TRAVI

Il programma utilizza per la modellazione elementi a due nodi denominati in generale travi.

Ogni elemento trave è individuato dal nodo iniziale e dal nodo finale.

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: trave, trave di fondazione, pilastro, asta, asta tesa, asta compressa,
Nodo I (J)	numero del nodo iniziale (finale)
Mat.	codice del materiale assegnato all'elemento
Sez.	codice della sezione assegnata all'elemento
Rotaz.	valore della rotazione dell'elemento, attorno al proprio asse, nel caso in cui l'orientamento di default non sia adottabile; l'orientamento di default prevede per gli elementi non verticali l'asse 2 contenuto nel piano verticale e l'asse 3 orizzontale, per gli elementi verticali l'asse 2 diretto secondo X negativo e l'asse 3 diretto secondo Y negativo
Svincolo I (J)	codici di svincolo per le azioni interne; i primi sei codici si riferiscono al nodo iniziale, i restanti sei al nodo finale (il valore 1 indica che la relativa azione interna non è attiva)
Wink V	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione della trave su suolo elastico
Wink O	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale

Con 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" - versione Settembre 2014, disponibile per il download sul sito www.2si.it, si segnalano i seguenti esempi applicativi:

Test N°	Titolo
2	TRAVI A UNA CAMPATA
3	TRAVE A PIU' CAMPATE
4	TRAVE A UNA CAMPATA SU TERRENO ALLA WINKLER
5	TRAVI SU TERRENO ALLA WINKLER CON CARICO TRASVERSALE
6	TELAI PIANI CON CERNIERE ALLA BASE
7	TELAI PIANI CON INCASTRI ALLA BASE
11	STRUTTURE SOGGETTE A VARIAZIONI TERMICHE
12	STRUTTURE SU TERRENO ALLA WINKLER SOTTOPOSTE A CARICHI DISTRIBUITI TRIANGOLARI
21	DRILLING
24	TENSIONI E ROTAZIONI RISPETTO ALLA CORDA DI ELEMENTI TRAVE
27	FRECCIA DI ELEMENTI TRAVE
42	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER TRAVI IN C.A.
43	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER PILASTRI IN C.A.
44	VERIFICA ALLE TA DI STRUTTURE IN C.A.
45	VERIFICA AGLI SLU DI STRUTTURE IN C.A.
47	VERIFICA A PUNZONAMENTO ALLO SLU DI TRAVI IN C.A.
48	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 9/1/96
49	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 14/1/2008
50	VERIFICA ALLO SLE (TENSIONI E FESSURAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
51	VERIFICA ALLO SLE (DEFORMAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
52	FATTORE DI STRUTTURA
53	SOVRARESISTENZE
54	DETTAGLI COSTRUTTIVI C.A.: LIMITI D'ARMATURA PILASTRI E NODI TRAVE-PILASTRO
56	VERIFICA DI STABILITA' DI ASTE COMPRESSE IN ACCIAIO - METODO OMEGA
57	LUCE LIBERA DI TRAVI E ASTE IN ACCIAIO
58	LUCE LIBERA DI COLONNE IN ACCIAIO
59	SVERGOLAMENTO DI TRAVI IN ACCIAIO
64	STABILITA' DI ASTE COMPOSTE IN ACCIAIO
73	VALUTAZIONE EFFETTO P- δ SU PILASTRATA
74	VALUTAZIONE EFFETTO P- δ SU TELAIO 3D
85	ANALISI PUSHOVER DI UN EDIFICIO IN C.A.
87	ANALISI ELASTO PLASTICA INCREMENTALE
88	ANALISI ELASTO PLASTICA INCREMENTALE
98	VERIFICA ALLO SLU DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
99	VERIFICA ALLO SLE DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
102	SNELLEZZE EC5
130	PROGETTO E VERIFICA DI TRAVI PREM

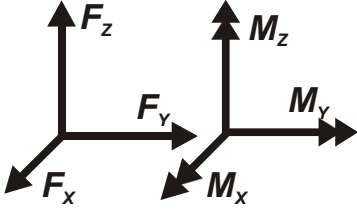
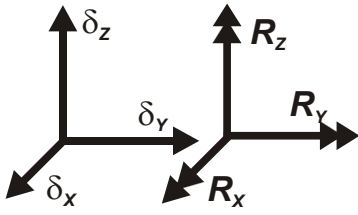
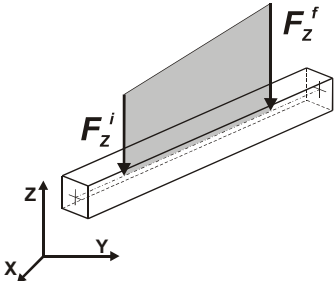
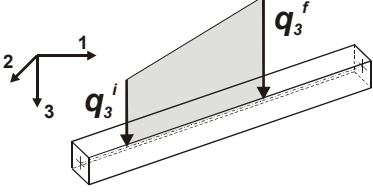
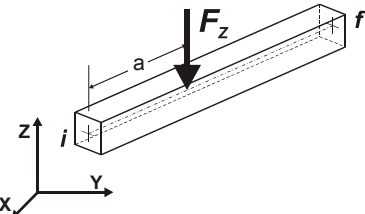
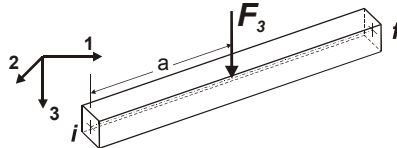
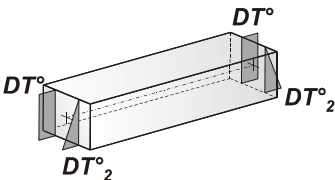
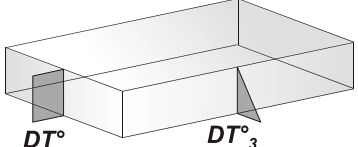
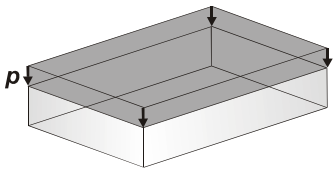
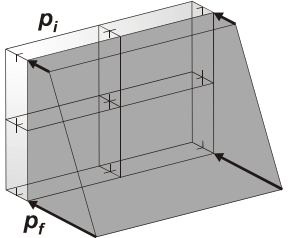
Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	Rotaz. gradi	Svincolo I	Svincolo J	Wink V daN/cm3	Wink O daN/cm3
1	Trave	872	841	55	1					
2	Trave	841	385	55	1					
3	Trave	550	385	10	3					
4	Trave	550	841	55	2					

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 F_x , F_y , F_z , momento M_x , M_y , M_z)
2	spostamento nodale impresso 6 dati (spostamento T_x , T_y , T_z , rotazione R_x , R_y , R_z)
3	carico distribuito globale su elemento tipo trave 7 dati (f_x , f_y , f_z , m_x , m_y , m_z , ascissa di inizio carico) 7 dati (f_x , f_y , f_z , m_x , m_y , m_z , ascissa di fine carico)
4	carico distribuito locale su elemento tipo trave 7 dati (f_1 , f_2 , f_3 , m_1 , m_2 , m_3 , ascissa di inizio carico) 7 dati (f_1 , f_2 , f_3 , m_1 , m_2 , m_3 , ascissa di fine carico)
5	carico concentrato globale su elemento tipo trave 7 dati (F_x , F_y , F_z , M_x , M_y , M_z , ascissa di carico)
6	carico concentrato locale su elemento tipo trave 7 dati (F_1 , F_2 , F_3 , M_1 , M_2 , M_3 , 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)

 <p>Carico concentrato nodale</p>	 <p>Spostamento impresso</p>
 <p>Carico distribuito globale</p>	 <p>Carico distribuito locale</p>
 <p>Carico concentrato globale</p>	 <p>Carico concentrato locale</p>
 <p>Carico termico 2D</p>	 <p>Carico termico 3D</p>
 <p>Carico pressione uniforme</p>	 <p>Carico pressione variabile</p>

Tipo carico distribuito globale su trave

Id	Tipo	Pos.	fx	fy	fz	mx	my	mz
		cm	daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
1	peso proprio-DG:Fzi=-2.50 Fzf=-2.50	0.0	0.0	0.0	-2.50	0.0	0.0	0.0
2	Neve-DG:Fzi=-1.10 Fzf=-1.10	0.0	0.0	0.0	-1.10	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-1.10	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

Località: VALGUARNERA CAROPEPE
Provincia: ENNA
Regione: SICILIA

Coordinate GPS:
Latitudine : 37,49500 N
Longitudine: 14,38900 E

Altitudine s.l.m.: 590,0 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

NEVE:

Zona Neve = III

Ce (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

Valore caratteristico del carico al suolo = $q_{sk} C_e = 128 \text{ daN/mq}$

Copertura a due falde:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha_1 = 11,0^\circ$

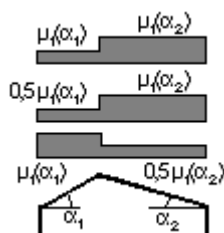
- Falda con presenza di barriera o impedimento allo scivolamento della neve.

$\mu_1(\alpha_1) = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 102 \text{ daN/mq}$

Angolo di inclinazione della falda $\alpha_2 = 13,0^\circ$

$\mu_1(\alpha_2) = 0,80 \Rightarrow Q_2 = 102 \text{ daN/mq}$

Schema di carico:



VENTO:

Zona vento = 4

Velocità base della zona, $V_{b.o} = 28 \text{ m/s}$ (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona, $A_o = 500 \text{ m}$ (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito, $A_s = 590 \text{ m}$

$K_a = 0,360$ (Tab. 3.3.I)

Velocità di riferimento, $V_b = V_{b.o} (1 + K_a (A_s/A_o - 1)) = 29,81 \text{ m/s}$

Periodo di ritorno, $T_r = 50 \text{ anni}$

$C_r = 1$ per $T_r = 50 \text{ anni}$

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto, $V_r = V_b C_r = 29,81 \text{ m/s}$

Classe di rugosità del terreno: A

[Aree urbane con almeno il 15% della superficie coperta da edifici la cui altezza media superi 15 m]

Categoria esposizione: (Entroterra fino a 500 m di altitudine) tipo V

($K_r = 0,23$; $Z_0 = 0,70$ m; $Z_{min} = 12$ m)

Pressione cinetica di riferimento, $q_b = 56$ daN/mq

Coefficiente di forma, $C_p = 1,00$

Coefficiente dinamico, $C_d = 1,00$

Coefficiente di esposizione, $C_e = 1,48$

Coefficiente di esposizione topografica, $C_t = 1,00$

Altezza dell'edificio, $h = 9,00$ m

Pressione del vento, $p = q_b C_e C_p C_d = 82$ daN/mq

TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA:

Zona: IV

$T_{min} = -7.31^\circ$ [NTC 3.5.7]

$T_{max} = 40.82^\circ$ [NTC 3.5.8]

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Qk	CDC=Qk (variabile generico) neve	D2 :da 1 a 2 Azione : peso proprio-DG:Fzi=-2.50 Fzf=-2.50
			D2 :da 1 a 2 Azione : Neve-DG:Fzi=-1.10 Fzf=-1.10

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.I

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
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 $\leq 30kN$)	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 $\leq 1000 m$	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 γf	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma G1$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	$\gamma G2$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	γQi	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		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	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 5	
6	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 6	
7	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 7	

RISULTATI ELEMENTI TIPO TRAVE

LEGENDA RISULTATI ELEMENTI TIPO TRAVE

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

Gli elementi vengono suddivisi in relazione alle proprietà in elementi:

- tipo **pilastro**
- tipo **trave in elevazione**
- tipo **trave in fondazione**

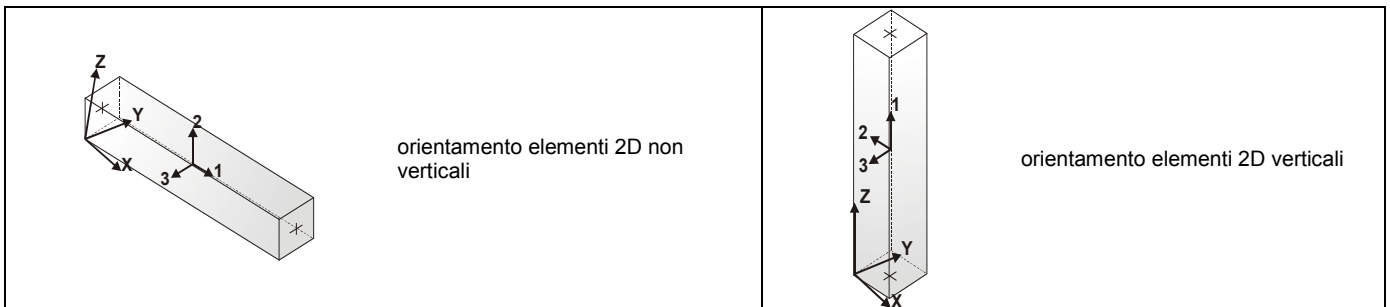
Per ogni elemento e per ogni combinazione (o caso di carico) vengono riportati i risultati più significativi.

Per gli elementi tipo *pilastro* sono riportati in tabella i seguenti valori:

Pilas.	numero dell'elemento pilastro
Cmb	combinazione in cui si verificano i valori riportati
M3 mx/mn	momento flettente in campata M3 max (prima riga) / min (seconda riga)
M2 mx/mn	momento flettente in campata M2 max (prima riga) / min (seconda riga)
D2/D3	freccia massima in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)
Q2/Q3	carico totale in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)
Pos.	ascissa del punto iniziale e finale dell'elemento
N, V2, ecc..	sei componenti di sollecitazione al piede ed in sommità dell'elemento

Per gli elementi tipo *trave in elevazione* sono riportati, oltre al numero dell'elemento, i medesimi risultati visti per i pilastri.

Per gli elementi tipo *trave in fondazione* (trave f.) sono riportati, oltre al numero dell'elemento, i medesimi risultati visti per i pilastri e la massima pressione sul terreno.



Trave	Cmb	M3 mx/mn	M2 mx/mn	D 2 / D 3	Q 2 / Q 3	Pos.	N	V 2	V 3	T	M 2	M 3
		daN cm	daN cm	cm	daN	cm	daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
1	1	1554.92	268.58	0.01	-70.50	0.0	-247.64	18.54	-1.03	-0.06	268.58	1023.84
		-2627.80	43.30	1.93e-03	0.0	218.5	-271.53	-51.96	-1.03	-0.06	43.30	-2627.80
1	2	5055.29	578.35	-0.03	-1187.87	0.0	906.66	446.60	2.23	-20.62	90.47	-1.329e+04
		-4.548e+04	90.47	-7.08e-03	0.0	218.5	504.09	-741.27	2.23	-20.62	578.35	-4.548e+04
1	4	4718.49	568.36	-0.03	-1171.60	0.0	963.81	442.32	2.47	-20.61	28.49	-1.352e+04
		-4.487e+04	28.49	-7.53e-03	0.0	218.5	566.75	-729.28	2.47	-20.61	568.36	-4.487e+04
1	5	1196.09	206.60	8.72e-03	-54.23	0.0	-190.49	14.26	-0.79	-0.04	206.60	787.57
		-2021.38	33.31	1.48e-03	0.0	218.5	-208.87	-39.97	-0.79	-0.04	33.31	-2021.38
...												
4	9	-1403.52	-33.43	-3.02e-03	0.0	249.8	-115.50	-14.61	0.18	-7.10	10.97	156.83
Trave		M3 mx/mn	M2 mx/mn	D 2 / D 3	Q 2 / Q 3		N	V 2	V 3	T		
		-1.049e+05	-432.45	-4.26	-2374.22		-2387.55	-1292.96	-4.34	-104.54		
		4.869e+04	945.59	0.03	0.0		963.81	1081.26	2.47	42.25		

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
3 5.3

Trave f*1000/L

Trave f*1000/L

Trave f*1000/L

Trave f*1000/L

Trave f*1000/L

Trave f*1000/L

Elem.	Note	Pos.	Ver N+/M	Ver N-/M	Ver V/T	Rif. cmb	Ver N(s)	Kcy	Kcz	Ver M(s)	Kcrit(y)	Kcrit(z)	Rif. cmb
1 ok	T,s=1,m=55	0.0	5.42e-02	4.75e-03	7.69e-03	4,1,2	1.41e-02	0.5	0.4	1.02e-02	1.0	1.0	1,1
		218.5	0.1	1.03e-02	2.06e-02	2,1,2	1.99e-02	0.5	0.4	1.73e-02	1.0	1.0	1,2
2 ok	T,s=1,m=55	0.0		0.2	4.48e-02	0,2,2	0.2	0.5	0.4	5.91e-02	1.0	1.0	2,2
		436.6		0.3	6.34e-02	0,2,2	0.4	0.5	0.4	0.1	1.0	1.0	2,2
4 ok	T,s=2,m=55	0.0		1.01e-02	1.08e-03	0,1,4	4.74e-02	1.0	0.9	4.16e-02	1.0	1.0	4,2
		249.8		5.56e-02	1.37e-03	0,4,4	9.38e-02	1.0	0.9	4.38e-02	1.0	1.0	2,2

Elem.	Ver N+/M	Ver N-/M	Ver V/T	Ver N(s)	Kcy	Kcz	Ver M(s)	Kcrit(y)	Kcrit(z)
	0.14	0.30	0.06	0.35	0.47	0.41	0.15	1.00	1.00

Elem.	w,net R	w,net F	w,net P	Rif. cmb	Kdef	w,net Ri	w,net Fi	w,net Pi	Rif. cmb
1	8.63e-02	3.99e-02	3.99e-02	6,7,9	0.6	0.1	6.38e-02	6.38e-02	6,7,9
2	0.3	7.20e-02	6.10e-02	6,8,9	0.6	0.5	0.2	9.75e-02	6,8,9
4	0.1	1.52e-02	1.21e-02	6,8,9	0.6	0.2	7.80e-02	1.93e-02	6,8,9

Elem.	w,net R	w,net F	w,net P	w,net Ri	w,net Fi	w,net Pi
	0.29	0.07	0.06	0.47	0.24	0.10

Verifica di un tetto in legno a orditura semplice

Dati generali:

Normativa di riferimento: DM 17/01/2018 NTC

Classe di servizio 1 - (caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65% se non per poche settimane all'anno.)

Categoria carichi variabili: Neve (alt. s.l.m. =< 1000 m)

Dati geometrici:

Dimensioni delle travi in legno: B x H = 16.0 x 24.0 cm, interasse: i = 60.0 cm

A = 384.0 cm², Wx = 1536.0 cm³, Jx = 18432.0 cm⁴

Luce di calcolo: L = 660.0 cm

Spessore del tavolato in legno: tw = 3.0 cm

Angolo inclinazione della falda $\alpha = 0.0^\circ$

Materiali:

Legno travi:

Classe: GL24h UNI-EN 14080:2013 (lamellare)

ρ_k (massa volumica) = 385.0 kg/mc

Em (modulo elastico medio) = 115000.0 daN/cm²

Gm (modulo elastico tangenziale medio) = 6500.0 daN/cm²

Moduli elastici per deformazioni a lungo termine:

Classe di servizio 1: Kdef = 0.6

$E_{m,fin} = E_m / (1 + K_{def}) = 71875.0$ daN/cm²

$G_{m,fin} = G_m / (1 + K_{def}) = 4062.5$ daN/cm²

$\gamma_m = 1.45$

Kh = 1.096

Resistenze caratteristiche:

f_{mk} (flessione) = 240.0 daN/cm²

f_{vk} (taglio) = 35.0 daN/cm²

f_{t0k} (trazione) = 192.0 daN/cm²

Resistenze di calcolo:

Con durata dei carichi variabili di breve durata (meno di 1 settimana)

K_{mod} = 0.900

f_{md} (resistenza a flessione) = (f_{mk} Kh K_{mod}) / γ_m = 163.26 daN/cm²

f_{vd} (resistenza a taglio) = (f_{vk} Kh K_{mod}) / γ_m = 23.81 daN/cm²

f_{t0d} (resistenza a trazione) = (f_{t0k} Kh K_{mod}) / γ_m = 130.61 daN/cm²

Per soli carichi permanenti:

K_{mod} = 0.600

f_{md} (resistenza a flessione) = (f_{mk} Kh K_{mod}) / γ_m = 108.84 daN/cm²

f_{vd} (resistenza a taglio) = (f_{vk} Kh K_{mod}) / γ_m = 15.87 daN/cm²

f_{t0d} (resistenza a trazione) = (f_{t0k} Kh K_{mod}) / γ_m = 87.07 daN/cm²

Schema statico:



Analisi dei carichi:

Carichi permanenti:

- copertura in coppi	80,0	daN/mq
- impermeabilizzazione+coibentazione	30,0	daN/mq
- tavolato in legno	11,6	daN/mq
g1 =	121,6	daN/mq

g1 x interasse travi	72.9	daN/m
<u>peso proprio trave</u>	<u>14.8</u>	<u>daN/m</u>
G1 =	87.7	daN/m

Carichi variabili:

q = carico da neve	110,0	daN/mq
Q1 = q x interasse travi	66.0	daN/m

Verifiche delle travi in legno:

Combinazione di carico: permanenti + variabili (Kmod = 0.900)

$$Q = G1 \gamma g1 + G2 \gamma g2 + Q1 \gamma q1 = 213.03 \text{ daN/m} \quad (\gamma g1 = 1.30; \quad \gamma g2 = 1.50; \quad \gamma q1 = 1.50)$$

Verifica a flessione:

$$M = (Q L^2) / 8 = 115993.9 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_w = M / W_x = 75.5 \text{ daN/cm}^2 < f_{md} = 163.26 \text{ daN/cm}^2 \text{ (Ok)}$$

Verifica a taglio:

$$V = (Q L) / 2 = 703.0 \text{ daN}$$

$$\tau_w = 1,5 V / A = 2.7 \text{ daN/cm}^2 < f_{vd} = 23.81 \text{ daN/cm}^2 \text{ (Ok)}$$

Combinazione di carico: soli carichi permanenti (Kmod = 0.600)

$$Q = G1 \gamma g1 + G2 \gamma g2 = 114.03 \text{ daN/m} \quad (\gamma g1 = 1.30; \quad \gamma g2 = 1.50)$$

Verifica a flessione:

$$M = (Q L^2) / 8 = 62088.4 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_w = M / W_x = 40.4 \text{ daN/cm}^2 < f_{md} = 108.84 \text{ daN/cm}^2 \text{ (Ok)}$$

Verifica a taglio:

$$V = (Q L) / 2 = 376.3 \text{ daN}$$

$$\tau_w = 1,5 V / A = 1.5 \text{ daN/cm}^2 < f_{vd} = 15.87 \text{ daN/cm}^2 \text{ (Ok)}$$

Frecce in esercizio:

Deformazione istantanea per effetto dei carichi permanenti:

$$G_k = G1 + G2 = 87.71 \text{ daN/cm}^2$$

$$U_{1i} = ((5 G_k L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 G_k L^2) / (8 G_m A)) = 10.453 \text{ mm}$$

Deformazione istantanea per effetto dei carichi variabili:

$$U_{2i} = ((5 Q_1 L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 Q_1 L^2) / (8 G_m A)) = 7.866 \text{ mm}$$

Deformazione finale per effetto dei carichi permanenti + variabili:

$$U_{fin} = U_{1i} (1 + K_{def}) + U_{2i} (1 + \psi_2 K_{def}) = 24.591 \text{ mm} \quad (K_{def} = 0.600, \quad \psi_2 = 0.00):$$

Verifiche di deformazione:

$$U_{2i} / L = 1 / 839 < 1 / 300 \text{ (Ok)}$$

$$U_{fin} / L = 1 / 268 < 1 / 200 \text{ (Ok)}$$

Verifica di un tetto in legno a orditura semplice

Dati generali:

Normativa di riferimento: DM 17/01/2018 NTC

Classe di servizio 1 - (caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65% se non per poche settimane all'anno.)

Categoria carichi variabili: Neve (alt. s.l.m. =< 1000 m)

Dati geometrici:

Dimensioni delle travi in legno: B x H = 16.0 x 20.0 cm, interasse: i = 60.0 cm

A = 320.0 cm², Wx = 1066.7 cm³, Jx = 10666.7 cm⁴

Luce di calcolo: L = 380.0 cm

Spessore del tavolato in legno: tw = 3.0 cm

Angolo inclinazione della falda $\alpha = 0.0^\circ$

Materiali:

Legno travi:

Classe: GL24h UNI-EN 14080:2013 (lamellare)

ρ_k (massa volumica) = 385.0 kg/mc

Em (modulo elastico medio) = 115000.0 daN/cm²

Gm (modulo elastico tangenziale medio) = 6500.0 daN/cm²

Moduli elastici per deformazioni a lungo termine:

Classe di servizio 1: Kdef = 0.6

$E_{m,fin} = E_m / (1 + K_{def}) = 71875.0$ daN/cm²

$G_{m,fin} = G_m / (1 + K_{def}) = 4062.5$ daN/cm²

$\gamma_m = 1.45$

$K_h = 1.100$

Resistenze caratteristiche:

f_{mk} (flessione) = 240.0 daN/cm²

f_{vk} (taglio) = 35.0 daN/cm²

f_{t0k} (trazione) = 192.0 daN/cm²

Resistenze di calcolo:

Con durata dei carichi variabili di breve durata (meno di 1 settimana)

$K_{mod} = 0.900$

f_{md} (resistenza a flessione) = (f_{mk} K_h K_{mod}) / $\gamma_m = 163.86$ daN/cm²

f_{vd} (resistenza a taglio) = (f_{vk} K_h K_{mod}) / $\gamma_m = 23.90$ daN/cm²

f_{t0d} (resistenza a trazione) = (f_{t0k} K_h K_{mod}) / $\gamma_m = 131.09$ daN/cm²

Per soli carichi permanenti:

$K_{mod} = 0.600$

f_{md} (resistenza a flessione) = (f_{mk} K_h K_{mod}) / $\gamma_m = 109.24$ daN/cm²

f_{vd} (resistenza a taglio) = (f_{vk} K_h K_{mod}) / $\gamma_m = 15.93$ daN/cm²

f_{t0d} (resistenza a trazione) = (f_{t0k} K_h K_{mod}) / $\gamma_m = 87.39$ daN/cm²

Schema statico:



Analisi dei carichi:

Carichi permanenti:

- copertura in coppi	80,0	daN/mq
- impermeabilizzazione+coibentazione	30,0	daN/mq
- tavolato in legno	11,6	daN/mq
<u>g1 =</u>	<u>121,6</u>	<u>daN/mq</u>

g1 x interasse travi	72.9	daN/m
<u>peso proprio trave</u>	<u>12.3</u>	<u>daN/m</u>
G1 =	85.3	daN/m

Carichi variabili:

q = carico da neve	110,0	daN/mq
Q1 = q x interasse travi	66.0	daN/m

Verifiche delle travi in legno:

Combinazione di carico: permanenti + variabili (Kmod = 0.900)

$$Q = G1 \gamma g1 + G2 \gamma g2 + Q1 \gamma q1 = 209.83 \text{ daN/m} \quad (\gamma g1 = 1.30; \quad \gamma g2 = 1.50; \quad \gamma q1 = 1.50)$$

Verifica a flessione:

$$M = (Q L^2) / 8 = 37873.4 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_w = M / W_x = 35.5 \text{ daN/cm}^2 < f_{md} = 163.86 \text{ daN/cm}^2 \text{ (Ok)}$$

Verifica a taglio:

$$V = (Q L) / 2 = 398.7 \text{ daN}$$

$$\tau_w = 1,5 V / A = 1.9 \text{ daN/cm}^2 < f_{vd} = 23.90 \text{ daN/cm}^2 \text{ (Ok)}$$

Combinazione di carico: soli carichi permanenti (Kmod = 0.600)

$$Q = G1 \gamma g1 + G2 \gamma g2 = 110.83 \text{ daN/m} \quad (\gamma g1 = 1.30; \quad \gamma g2 = 1.50)$$

Verifica a flessione:

$$M = (Q L^2) / 8 = 20003.9 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_w = M / W_x = 18.8 \text{ daN/cm}^2 < f_{md} = 109.24 \text{ daN/cm}^2 \text{ (Ok)}$$

Verifica a taglio:

$$V = (Q L) / 2 = 210.6 \text{ daN}$$

$$\tau_w = 1,5 V / A = 1.0 \text{ daN/cm}^2 < f_{vd} = 15.93 \text{ daN/cm}^2 \text{ (Ok)}$$

Frecce in esercizio:

Deformazione istantanea per effetto dei carichi permanenti:

$$G_k = G1 + G2 = 85.25 \text{ daN/cm}^2$$

$$U1i = ((5 G_k L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 G_k L^2) / (8 G_m A)) = 1.976 \text{ mm}$$

Deformazione istantanea per effetto dei carichi variabili:

$$U2i = ((5 Q1 L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 Q1 L^2) / (8 G_m A)) = 1.530 \text{ mm}$$

Deformazione finale per effetto dei carichi permanenti + variabili:

$$U_{fin} = U1i (1 + K_{def}) + U2i (1 + \psi_2 K_{def}) = 4.691 \text{ mm} \quad (K_{def} = 0.600, \quad \psi_2 = 0.00):$$

Verifiche di deformazione:

$$U2i / L = 1 / 2484 < 1 / 300 \text{ (Ok)}$$

$$U_{fin} / L = 1 / 810 < 1 / 200 \text{ (Ok)}$$