



COMUNE DI FONTANELLATO

PROVINCIA DI PARMA
REGIONE EMILIA ROMAGNA



REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO SPORTIVO AREA URBANA DENOMINATA "CAMPO VECCHIO" VIA SANTI - VIA CADUTI DI CEFALONIA

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA

STRUTTURE C.A.

Elaborato

A.1

Il progettista:

Team Project srl
Via C.A. Dalla Chiesa, 10/42
24048 Treviolo (BG)
Tel. 035/691042 - fax 035/200716

RUP:

geom. Roberto Bilzi

Data: **NOVEMBRE 2018**

scala:

Cod.Comm.:

Rev.:
01-gen19

File: fontanellato.dwg

Spett.le
Comune di FONTANELLATO
SETTORE TECNICO
Ufficio Edilizia Pubblica

RELAZIONE DI CALCOLO

FASCICOLO DEI CALCOLI DELLE STRUTTURE PORTANTI

RELAZIONE SULLE OPERE DI FONDAZIONE

PIANO DI MANUTENZIONE STRUTTURALE

**STRUTTURA SPOGLIATOI
VIA CADUTI DI CEFALONIA – FONTANELLATO**

Treviolo, lì 30.11.2018

Il progettista
Ing. Roberto Marconi

Oggetto

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di uno spogliatoio in muratura armata monopiano con solaio in latero-cemento e fondazioni lineari a T rovescio.

Dati di input della modellazione

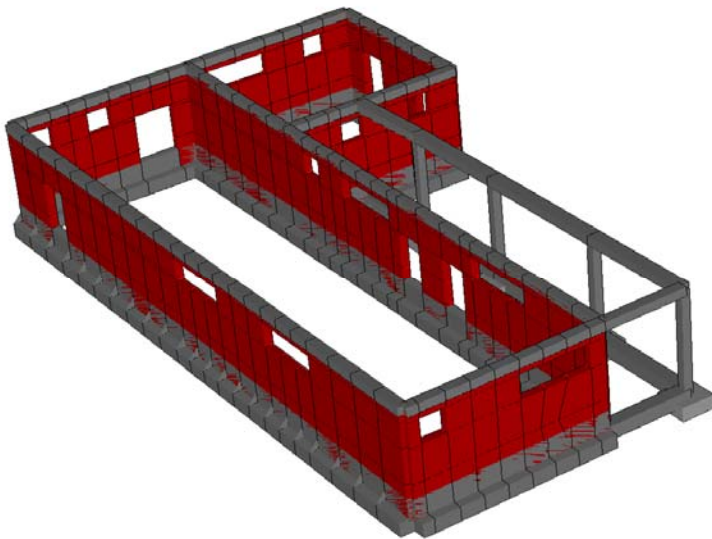
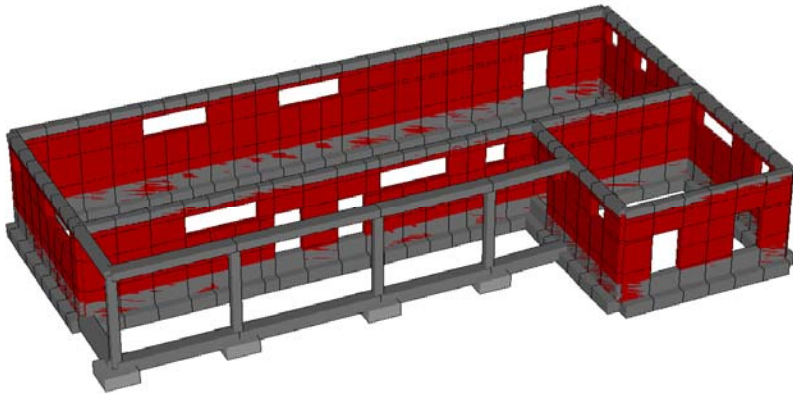


Figura 1 Progetto - vista assonometrica

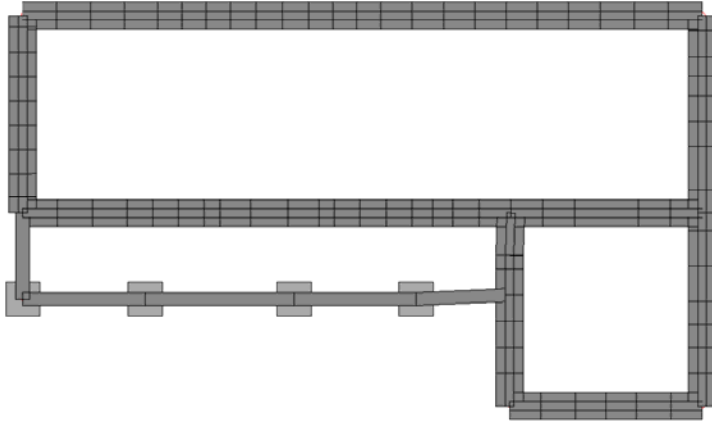


Figura 2 Progetto - schema fondazioni

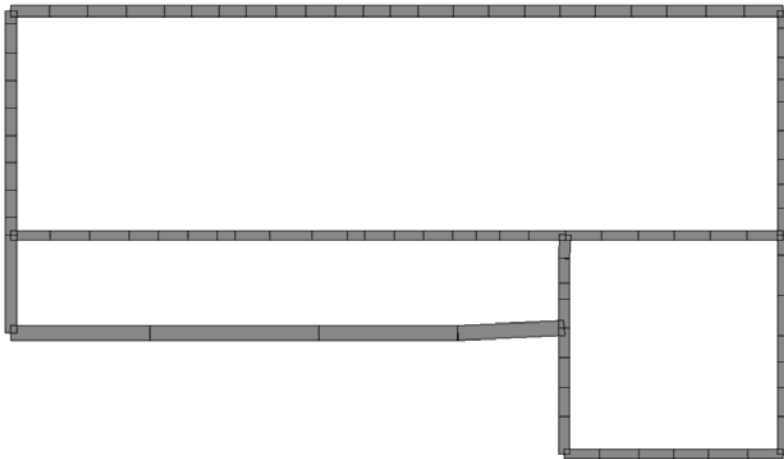


Figura 3 Progetto – piano primo

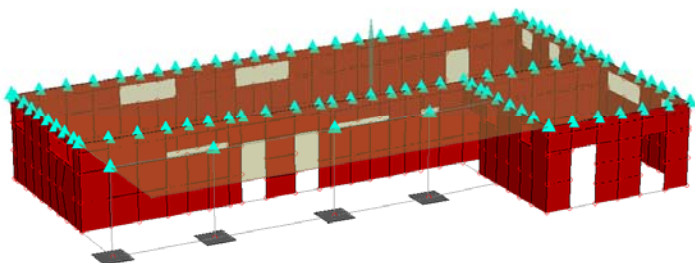


Figura 3 Progetto – piano rigido

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Norme tecniche per le Costruzioni – D.M. 17/01/2018

Circolare 2.2.2009, n.617: "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.1.2008.

Edifici monumentali: Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 9.2.2011: "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008", di cui costituisce parte integrante la **Circ. 26 del 2.12.2010 del Ministero per i Beni e le Attività Culturali**: "Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale".

FRP:

Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati, CNR-DT 200 R1/2012.

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, documento approvato il 24 luglio 2009 dall'assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Indirizzi per l'esecuzione degli interventi di cui all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3790 del 17.7.2009 (Riparazione con miglioramento sismico di edifici danneggiati), a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Commissario Delegato (Eventi sismici provincia di L'Aquila, 6 aprile 2009).

Riferimenti tecnici: EuroCodici

Per quanto non diversamente specificato nel D.M.14.1.2008, si intendono coerenti con i principi alla base del Decreto le indicazioni riportate nei documenti di riferimento elencati in §12; fra questi: gli EuroCodici strutturali, così organizzati:

Criteri generali di progettazione strutturale

UNI EN 1990:2006

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture

UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici

UNI EN 1991-1-2:2004 Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco

UNI EN 1991-1-3:2004 Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve

UNI EN 1991-1-4:2005 Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento

UNI EN 1991-1-5:2004 Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche

UNI EN 1991-1-6:2005 Parte 1-6: Azioni in generale - Azioni durante la costruzione

UNI EN 1991-1-7:2006 Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali

UNI EN 1991-2:2005 Parte 2: Carichi da traffico sui ponti

UNI EN 1991-3:2006 Parte 3: Azioni indotte da gru e da macchinari

UNI EN 1991-4:2006 Parte 4: Azioni su silos e serbatoi

Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo

UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1992-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio

UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi

UNI EN 1992-3:2006 Parte 3: Strutture di contenimento liquidi

Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio

UNI EN 1993-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1993-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio

UNI EN 1993-1-3:2007 Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo

UNI EN 1993-1-4:2007 Parte 1-4: Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili

UNI EN 1993-1-5:2007 Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra

UNI EN 1993-1-6:2007 Parte 1-6: Resistenza e stabilità delle strutture a guscio

UNI EN 1993-1-7:2007 Parte 1-7: Strutture a lastra ortotropa caricate al di fuori del piano

UNI EN 1993-1-8:2005 Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti

UNI EN 1993-1-9:2005 Parte 1-9: Fatica

UNI EN 1993-1-10:2005 Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore

UNI EN 1993-1-11:2007 Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi

UNI EN 1993-1-12:2007 Parte 1-12: Regole aggiuntive per l'estensione della EN 1993 fino agli acciai di grado S 700

UNI EN 1993-2:2007 Parte 2: Ponti di acciaio

UNI EN 1993-3-1:2007 Parte 3-1: Torri, pali e ciminiere - Torri e pali

UNI EN 1993-3-2:2007 Parte 3-2: Torri, pali e ciminiere - Ciminiere

UNI EN 1993-4-1:2007 Parte 4-1: Silos

UNI EN 1993-4-2:2007 Parte 4-2: Serbatoi

UNI EN 1993-4-3:2007 Parte 4-3: Condotte

UNI EN 1993-5:2007 Parte 5: Pali e palancole

UNI EN 1993-6:2007 Parte 6: Strutture per apparecchi di sollevamento

Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo

UNI EN 1994-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1994-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio

UNI EN 1994-2:2006 Parte 2: Regole generali e regole per i ponti

Eurocodice 5 – Progettazione delle strutture in legno

UNI EN 1995-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici

UNI EN 1995-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio

UNI EN 1995-2:2005 Parte 2: Ponti

Eurocodice 6 – Progettazione delle strutture in muratura

UNI EN 1996-1-1:2006 Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata

UNI EN 1996-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio

UNI EN 1996-2:2006 Parte 2: Considerazioni progettuali, selezione dei materiali ed esecuzione delle murature

UNI EN 1996-3:2006 Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata

Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica

UNI EN 1997-1:2005 Parte 1: Regole generali

UNI EN 1997-2:2007 Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo

Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

UNI EN 1998-1:2005 Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici

UNI EN 1998-2:2006 Parte 2: Ponti

UNI EN 1998-3:2005 Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici

UNI EN 1998-4:2006 Parte 4: Silos, serbatoi e condotte

UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

UNI EN 1998-6:2005 Parte 6: Torri, pali e camini

Eurocodice 9 – Progettazione delle strutture in alluminio

UNI EN 1999-1-1:2007 Parte 1-1: Regole strutturali generali

UNI EN 1999-1-2:2007 Parte 1-2: Progettazione strutturale contro l'incendio

UNI EN 1999-1-3:2007 Parte 1-3: Strutture sottoposte a fatica

UNI EN 1999-1-4:2007 Parte 1-4: Lamiere sottili piegate a freddo

UNI EN 1999-1-5:2007 Parte 1-5: Strutture a guscio

Norme Italiane precedenti al D.M. 14.1.2008:

Le norme elencate nel seguito sono in generale da considerarsi superate dal D.M. 14.1.2008; esse possono costituire tuttavia utili fonti di riferimento per la comprensione dello sviluppo dei metodi di calcolo adottati dalle NTC.

D.M. 14.9.2005: "Norme Tecniche per le Costruzioni" (ex Testo Unico)

In campo antisismico, il D.M. 14.9.2005 definisce l'azione sismica [§3.2] e fissa i livelli di sicurezza. Nel rispetto di tali presupposti, il D.M. 14.9.2005 può fare riferimento all'OPCM 3274 e s.m.i. [§5.7.1.1] per le indicazioni attuative sulle verifiche di sicurezza.

Sismica: Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003: "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 modifiche e integrazioni:

Ordinanza P.C.M. n. 3316 del 2.10.2003 e Ordinanza P.C.M. n. 3431 del 3.5.2005

Sismica: D. P.C.M. del 21.10.2003: "Disposizioni attuative dell'art.2, commi 2, 3 e 4, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003".

Norme strutturali precedenti all'OPCM 3274 (per la Sismica) e al D.M. 14.9.2005:

Legge n.64 del 2.2.1974: "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche."

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Legge Regionale n. 30 del 20.6.1977: "Documentazione tecnica per la progettazione e direzione delle opere di riparazione degli edifici - Documento Tecnico n. 2 - Raccomandazioni per la riparazione strutturale degli edifici in muratura."

Regione Umbria, Art.38 L.R. 1.7.1981, n.34: "Direttive tecniche ed esemplificazioni delle metodologie di intervento per la riparazione ed il consolidamento degli edifici danneggiati da eventi sismici."

D.M. 2.7.1981: "Normativa per le riparazioni ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia."

Circolare Min.LL.PP. n.21745 del 30.7.1981: "Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma."

D.M. 16.1.1996: "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche."

Circolare Min.LL.PP. n.65 del 10.4.1997: "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16.1.1996."

Servizio Sismico Nazionale (S.S.N.) - Associazione Nazionale Italiana di Ingegneria Sismica (A.N.I.D.I.S.): "Commentario al D.M. 16.1.1996 ed alla Circ. n.65 del 10.4.1997 del Ministero LL.PP.", coord. F.Braga, 1998

D.G.R. Umbria n.5180 del 14.9.1998 e D.G.R. Marche n.2153 del 14.9.1998 in attuazione Legge 61/98: "Eventi sismici del 12 maggio, 26 settembre 1997 e successivi - Modalità e procedure per la concessione dei contributi previsti dall'art.4 della Legge 61/98 - Allegato B".

Provincia di Perugia, Servizio Sismico Nazionale: "Terremoto in Umbria e Marche del 1997. Criteri di calcolo per la progettazione degli interventi. Verifiche sismiche ed esempi per l'applicazione delle Direttive Tecniche D.G.R. Umbria 5180/98 e D.G.R. Marche 2153/98 in attuazione L.61/98", coord. A.De Sortis, G.Di Pasquale, U.Nasini, 1998.

Murature: D.M. 20.11.1987: "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento."

Circolare Min.LL.PP. n.30787 del 4.1.1989: "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento."

Carichi: D.M. 16.1.1996: "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi."

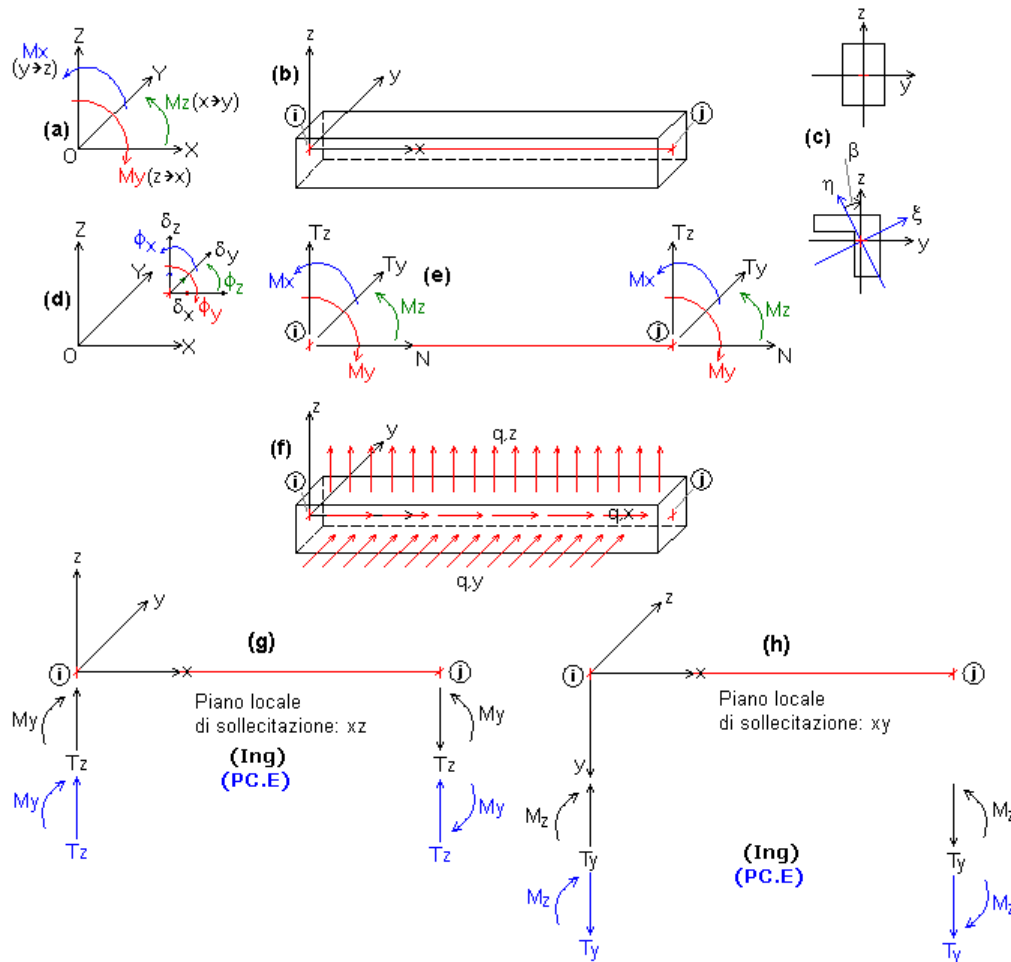
Caratteristiche del software

MASTERSAP

Risoluzione ad elementi finiti di strutture composte da aste rettilinee comunque vincolate, inclinate e caricate nello spazio (3D), Analisi: Modale, Statica lineare non sismica, Sismica: Statica, Dinamica modale, Statica non lineare (Pushover), in accordo con la Normativa vigente.

CONVENZIONI SUI SEGNI

Convenzioni su: Sistemi di riferimento, Carichi, Sollecitazioni (forze e momenti), Spostamenti (traslazioni e rotazioni), Pareti in Muratura.



1) Sistemi di riferimento utilizzati da PCM.

- **Sistema di riferimento globale X Y Z**, con origine in O (punto di coordinate nulle). E' una terna destrorsa, rappresentata in fig. (a). Il piano XY è orizzontale; i piani XZ e YZ sono verticali.
- **Sistema di riferimento locale x y z** per le aste: è una terna cartesiana destrorsa così definita: - origine nel nodo iniziale *i* dell'asta; - asse x coincidente con l'asse dell'asta e con verso dal nodo iniziale *i* al nodo finale *j*. La terna locale xyz si può immaginare derivante dalla globale XYZ dopo una serie di trasformazioni:
 - una rotazione intorno all'asse Z che porti l'asse X a coincidere con la proiezione dell'asta sul piano orizzontale;
 - una traslazione lungo il nuovo asse X così definito in modo da portare l'origine a coincidere con la proiezione del nodo iniziale dell'asta sul piano orizzontale;
 - una traslazione lungo l'asse Z che porti l'origine a coincidere con il nodo iniziale dell'asta;
 - una rotazione intorno all'asse Y così definito che porti l'asse X a coincidere con l'asse dell'asta;
 - una rotazione intorno all'asse X così definito pari all'Angolo di Rotazione dell'asta, definito nei Dati Aste.
- In pratica, con riferimento alla tipologia degli edifici (elementi orizzontali = travi, elementi verticali = pilastri):
 - le travi con Angolo di Rotazione nullo hanno sempre l'asse z rivolto verso l'alto e l'asse y nel piano del solaio (piano orizzontale);
 - i pilastri con Angolo di Rotazione nullo hanno l'asse y parallelo all'asse Y globale e l'asse z parallelo ma controverso all'asse X globale.
- In fig. (b) è rappresentato il caso di una trave appartenente ad un telaio orientato secondo X (posto cioè nel piano XZ): l'asse x è l'asse baricentrico dell'asta, con verso congiungente il nodo iniziale *i* con il nodo finale *j*; l'asse z è verticale, e l'asse y è parallelo all'asse Y globale (per l'osservatore: entrante nel piano xz).
- **Sistema di riferimento locale principale ξ η ζ**, che a causa di alcune tipologie di sezione non simmetriche o di rotazioni delle aste (per esempio, per pilastri aventi sezione rettangolare ma obliqui in pianta), può non coincidere con x y z : fig. (c). In tal caso, l'angolo β rappresenta la rotazione degli assi principali per fare in modo che il riferimento locale principale ξ η ζ si sovrapponga al riferimento locale x y z (parallelo alla terna globale nel caso delle travi). L'angolo è positivo se orario, visto dall'asta (osservatore che da +x guarda il nodo iniziale *i*). Le caratteristiche di sollecitazione sono calcolate nel sistema di riferimento locale principale (in generale, quindi, il momento My è da intendersi come Mξ, mentre Mz come Mη). Gli assi principali vengono definiti in modo tale che siano sovrapponibili per rotazione agli assi yz.

In PCM, per semplicità, gli assi locali yz sono considerati coincidenti con gli assi principali $\xi \eta$. Definendo ad esempio un pilastro con sezione a L e angolo β nullo, in pianta la sua sezione risulterà 'ruotata' rispetto ad assi di riferimento globali XY paralleli all'anima e all'ala della sezione a L; per riportare la sezione in posizione parallela agli assi globali è sufficiente ruotare l'asta cui appartiene di un angolo β pari all'angolo principale (mostrato nei Dati Sezioni).

2) Forze e Spostamenti.

PCM adotta una convenzione univoca sia per le azioni esterne (carichi e cedimenti applicati ai nodi, carichi e sulle aste), sia per le azioni interne (caratteristiche di sollecitazione e di deformazione).

Forze e spostamenti sono positivi se equiversi agli assi; coppie e rotazioni sono positive se antiorarie ($x \rightarrow y$, $y \rightarrow z$, $z \rightarrow x$).

Per le azioni interne sull'asta $i-j$, la convenzione è invariata sia al nodo i iniziale, sia al nodo j finale.

2.1) Carichi.

Nodi. Possono essere applicati i seguenti carichi:

- Carichi Concentrati: PX PY PZ, MX MY MZ (forze e coppie)
- Cedimenti Vincolari: dX dY dZ, dphiX dphiY dphiZ (cedimenti traslazionali e rotazionali)
- Masse Concentrate: mX mY mZ, IX IY IZ (masse traslazionali e inerzie rotazionali)

Le forze concentrate ed i cedimenti vincolari traslazionali sono **positivi se equiversi agli assi globali X Y Z**; le coppie concentrate ed i cedimenti vincolari rotazionali sono **positivi se antiorari** (si tratta delle medesime convenzioni adottate in ogni parte di PCM, per esempio anche per gli spostamenti incogniti e per le reazioni vincolari).

Aste. Le tipologie di carico consentite sono le seguenti (fig. (f)):

- Carico Distribuito Uniforme: QduX, QduY, QduZ
- Carico Distribuito Lineare (max al vertice iniziale 'i'): QdliX, QdliY, QdliZ
- Carico Distribuito Lineare (max al vertice finale 'j'): QdljX, QdljY, QdljZ
- Carico Concentrato : Px, Py, Pz, Mx, My, Mz, DPi [P,M =intensità delle componenti del carico concentrato: forze e coppie; DPi = distanza del carico concentrato dal vertice iniziale i]
- Carico Termico (nel piano locale xy): DeltaTsup, DeltaTinf.

I Carichi agenti sulle aste (distribuiti e concentrati) sono forniti in coordinate globali (le componenti X, Y, Z sono parallele alle corrispondenti direzioni globali).

Nel sistema di riferimento locale, le componenti di carico hanno il seguente significato: x: carico lungo l'asse dell'asta; y: carico ortogonale all'asta nel piano xy; z: carico ortogonale all'asta nel piano xz.

I carichi (distribuiti e concentrati) sono positivi se equiversi agli assi globali o locali, a seconda del sistema di riferimento; le coppie sono positive se antiorarie.

Con questa convenzione, ad esempio per le travi di un impalcato, i carichi dovuti ai pesi sono di tipo Z, con segno negativo.

2.2) Caratteristiche di Sollecitazione.

In fig. (e) sono rappresentate le azioni interne.

Relazioni fra PCM e le consuete convenzioni ingegneristiche (Ing).

Le caratteristiche di sollecitazione (azioni interne derivanti dal calcolo) hanno segno concorde con gli assi locali, e la convenzione è invariata sia per il nodo iniziale i sia per il nodo finale j . Ciò può comportare alcune discordanze con i segni attribuiti dalla consueta convenzione ingegneristica.

Nel seguito, vengono specificate le convenzioni sulle singole caratteristiche di sollecitazione, indicando con (Ing) la convenzione ingegneristica (che in PCM determina il tracciamento dei diagrammi), e con (PCM) la convenzione adottata da PCM.

Momento Flettente My (piano locale di sollecitazione: xz):

(Ing) Il diagramma del Momento My viene rappresentato sempre dalla parte delle fibre tese. Si attribuisce segno + (fig. (g)) al Momento My rappresentato nel semipiano $z < 0$. Pertanto, My + tende le fibre a $z < 0$.

(PCM) My + se porta z su x. Pertanto: My + al nodo i indica fibre tese per $z < 0$; My + al nodo j indica fibre tese per $z > 0$.

Concordanza dei segni:

Nodo i (PCM) concorde con (Ing).

Nodo j (PCM) discorde con (Ing).

Taglio Tz (piano locale di sollecitazione: xy):

(Ing) Il Taglio Tz + tende a far ruotare il concio elementare in senso orario. Il Taglio Tz + è rappresentato nello stesso semipiano di My +, cioè nel semipiano $z < 0$.

(PCM) Tz + se orientato lungo +z.

Concordanza dei segni:

Nodo i (PCM) concorde con (Ing).

Nodo j (PCM) discorde con (Ing).

Sforzo Normale N:

(Ing) Lo Sforzo Normale è + se genera trazione, - se compressione. In un'asta tesa, N è sempre +.

Il diagramma di N si rappresenta convenzionalmente nel piano di sollecitazione xz, con N + posto nello stesso semipiano di My +, cioè nel semipiano $z < 0$.

(PCM) N + se equiverso all'asse locale x. N + al nodo i indica compressione; N + al nodo j indica trazione. Pertanto, un'asta tesa ha N - al nodo i e + al nodo j .

Concordanza dei segni:

Nodo i (PCM) discorde con (Ing).

Nodo j (PCM) concorde con (Ing).

Momento Flettente Mz (piano locale di sollecitazione: xy):

(Ing) Il diagramma del Momento Mz viene rappresentato sempre dalla parte delle fibre tese. Si attribuisce segno + (fig. (h)) al Momento Mz rappresentato nel semipiano $y > 0$. Pertanto, Mz + tende le fibre a $y > 0$.

(PCM) Mz + se porta x su y. Pertanto: Mz + al nodo i indica fibre tese per $y > 0$; Mz + al nodo j indica fibre tese per $y < 0$.

Concordanza dei segni:

Nodo i (PCM) concorde con (Ing).

Nodo j (PCM) discorde con (Ing).

Taglio Ty (piano locale di sollecitazione: xy):

(Ing) Il Taglio Ty + tende a far ruotare il concio elementare in senso orario. Il Taglio Ty + è rappresentato nello stesso semipiano di Mz +, cioè nel semipiano $y > 0$.

(PCM) Ty + se orientato lungo +y.

Concordanza dei segni:

Nodo i (PCM) discorde con (Ing).

Nodo j (PCM) concorde con (Ing).

Momento Torcente M_x :

(Ing) + se genera rotazione torsionale positiva sulla faccia sinistra del concio elementare. In un'asta soggetta a coppia torcente positiva a sinistra e negativa a destra, M_x è sempre +.

Il diagramma di M_x si rappresenta convenzionalmente nel piano di sollecitazione xz , con M_x + posto nello stesso semipiano di M_y +, cioè nel semipiano $z < 0$.

(PCM) + se porta y su z .

Concordanza dei segni:

Nodo i (PCM) concorde con (Ing).

Nodo j (PCM) discorde con (Ing).

2.3) Caratteristiche di Deformazione.

In fig. (d) sono rappresentate le 6 componenti di spostamento spaziale (traslazioni e rotazioni) di un nodo della struttura.

In PCM tutti gli spostamenti sono riferiti al sistema di assi globale, ed hanno segno positivo se equivale agli assi; le rotazioni sono positive se antiorarie.

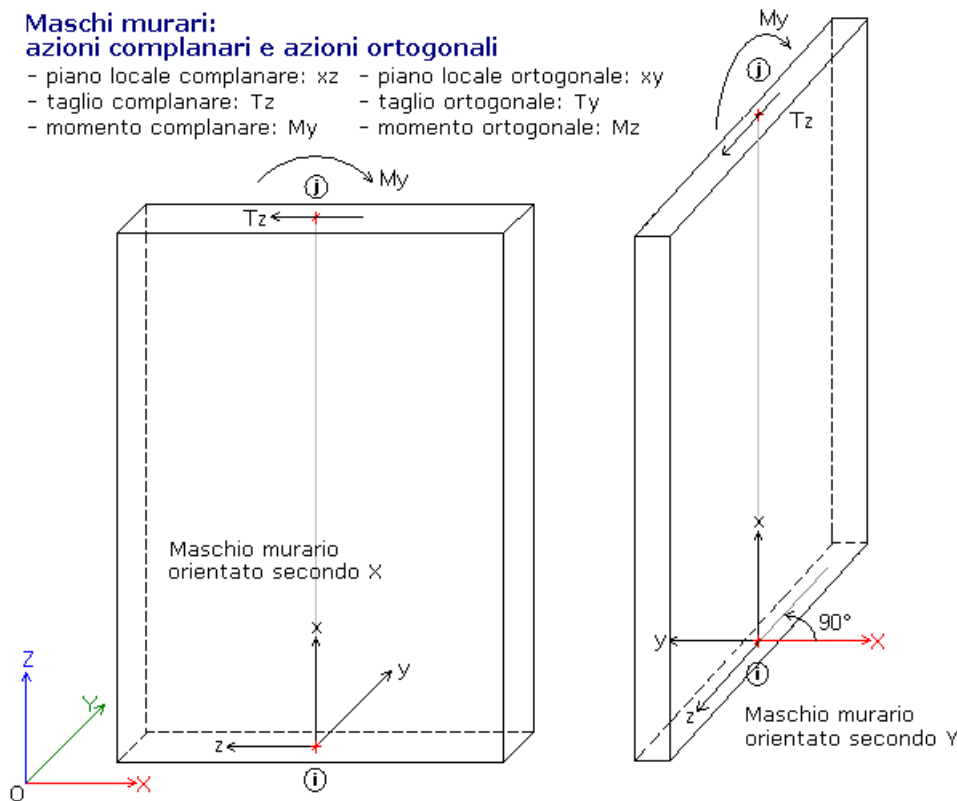
3) Pareti in Muratura.

In figura seguente sono rappresentati due maschi murari, uno orientato secondo X, l'altro secondo Y. L'orientamento viene definito dall'angolo in pianta, positivo se antiorario, misurato a partire dall'asse globale X. Il piano locale complanare è sempre il piano xz ; il piano locale ortogonale è sempre il piano xy .

Maschi murari:

azioni complanari e azioni ortogonali

- piano locale complanare: xz
- piano locale ortogonale: xy
- taglio complanare: T_z
- taglio ortogonale: T_y
- momento complanare: M_y
- momento ortogonale: M_z



Descrizione di AZIONE SISMICA e PARAMETRI DI CALCOLO

Il Sistema di Unità di Misura adottato è il Sistema Internazionale. In generale, le forze sono espresse in kN e le tensioni in N/mm^2 .

Per alcuni parametri si riportano riferimenti normativi al D.M.14.1.2008 (alias: NTC08), evidenziati in colore blu indicando direttamente al paragrafo corrispondente; i riferimenti ad altre Normative sono preceduti dal titolo della Norma (EC = EuroCodici).

AZIONE SISMICA: Struttura

Vita Nominale (anni) (§2.4.1) Numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Classe d'uso §2.4.2 Utilizzando i valori della 'Vita Nominale' e del 'Coefficiente d'uso' corrispondente alla Classe d'uso, viene determinato il periodo di riferimento per l'azione sismica VR (§2.4.3).

AZIONE SISMICA: Pericolosità

Individuazione del sito: Longitudine e Latitudine ED50 (gradi sessadecimali)

Tipo di interpolazione

- media ponderata §AII.A.[3]
- superficie rigata §CA

Tab.2, AII.B

- località non in Tab.2,AII.B
- isola (località posta in Tab.2,AII.B)

Valori dei parametri ag (*g), F_0 , TC^* (sec) per i periodi di ritorno di riferimento:

NTC08, §AII.B: Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica

Per il sito di ubicazione della struttura, vengono specificati i valori di ag , F_0 , TC^* per i periodi di riferimento: (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, 2475 anni)

AZIONE SISMICA: Stati Limite

P,VR (%) Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR §3.2.1

Per ognuno dei 4 stati limite di riferimento (SLO, SLD, SLV, SLC) le azioni sismiche dipendono dalla corrispondente probabilità P di superamento nel periodo di riferimento VR

Valori dei parametri ag , F_0 , TC^* e altri parametri di spettro per i periodi di ritorno TR associati a ciascuno Stato Limite §3.2

Per ognuno dei 4 stati limite di riferimento (SLO, SLD, SLV, SLC) vengono definiti TR (anni), ag (*g), F_0 , TC^* e S, TB, TC, TD (periodi in sec.)

AZIONE SISMICA: Suolo

Categoria di sottosuolo §3.2.2

Categoria topografica §3.2.2

Rapporto quota sito / altezza rilievo topografico §3.2.2

Coefficiente di amplificazione topografica ST §3.2.3.2.1

Definizione di PGA: la PGA (accelerazione orizzontale di picco al suolo), finalizzata a definire l'accelerazione sismica sostenibile dalla costruzione, può essere riferita al suolo rigido (roccia) oppure tenere conto degli effetti locali del sito attraverso il fattore di suolo S:

- accelerazione su roccia (analogo ad ag)
- accelerazione al suolo (analogo ad: $ag \cdot S$, dove: $S = SS \cdot ST$)

Microzonazione sismica

AZIONE SISMICA: Componenti

SLE: Smorzamento viscoso ξ (%) §3.2.3.2.1

SLU: Rapporto α/α_1 §7.8.1.3

Regolarità in altezza §7.3.1

SLU: Fattore di struttura Valore del fattore di struttura per la componente orizzontale del sisma. Per la componente verticale, si considera sempre $q=1.5$. *Per la muratura ordinaria: edifici nuovi: §7.8.1.3, edifici esistenti: §C8.7.1.2*

PARAMETRI DI CALCOLO: Generale

Tipi di analisi

Analisi Modale. Non viene condotta l'analisi sismica della struttura. L'analisi si limita alla determinazione delle caratteristiche dinamiche, ossia al calcolo dei modi di vibrare della struttura, senza condurre ulteriori analisi di sollecitazioni e deformazioni. E' nell'Analisi Sismica Dinamica Modale che i risultati dell'analisi modale sono utilizzati per la generazione delle forze spettrali equivalenti ai vari modi di vibrare; nell'Analisi Sismica Statica Lineare le forze spettrali sono invece direttamente generate da un'approssimazione del primo modo di vibrare (per tale motivo questa analisi sismica statica è definita anche *statica semplificata*, e coincide concettualmente con la tradizionale analisi sismica condotta con carichi staticamente equivalenti calcolati senza necessità di valutazione dei modi di vibrare).

Le masse considerate in Analisi Modale corrispondono alle masse sismicamente attive, cioè associate ai carichi gravitazionali secondo la (3.2.17), §3.2.4: $G_1 + G_2 + \sum (\psi_{2,j} \cdot Q_{k,j})$

Analisi Statica Lineare NON Sismica. Calcolo di sollecitazioni e spostamenti, in dipendenza da carichi generici, cedimenti anelastici e variazioni termiche. Sono processate le combinazioni delle condizioni di carico elementari (CCC), così come specificate nei dati.

- **con rigidezze elastiche:** se il parametro è selezionato, si utilizzano in Analisi Statica Lineare NON Sismica rigidezze elastiche (non fessurate) [Rigidezza fessurata=100%, ignorando eventuali diversi valori specificati in input nei Dati Aste nella proprietà "Rigidezza fessurata" (%K,elast)].

Questo parametro è influente sulle Analisi Sismiche Lineari (Statica e Dinamica Modale), nelle quali si utilizzano in ogni caso le rigidezze fessurate in input ("Rigidezza fessurata" definita nei Dati Aste).

In Analisi Pushover, le rigidezze dipendono dall'opzione scelta per il comportamento dei maschi murari (cfr. Parametri di Calcolo: Pushover, comportamento meccanico maschi)

Analisi Sismiche Lineari:

Analisi Sismica Statica Lineare (§7.3.3.2) In EC8 è denominata: analisi sismica modale semplificata con spettro di risposta; essa infatti equivale ad una analisi sismica dinamica limitata al primo modo di vibrare.

Analisi Sismica Dinamica Modale (§7.3.3.1) In EC8 è denominata: Analisi sismica multimodale con spettro di risposta.

Nelle analisi sismiche lineari, la struttura viene risolta staticamente sotto l'azione delle forze sismiche, per due direzioni: α e $\alpha+90$ [vedi Angolo di ingresso del sisma]. Alle sollecitazioni determinate per effetto sismico, si "sommano" (in doppio segno, come sarà evidenziato nel seguito) le sollecitazioni corrispondenti alla somma delle condizioni di carico elementari sismicamente attive.

- **per edifici in muratura, in analisi sismica lineare: redistribuzione taglio base pareti (§7.8.1.5.2)** Per Analisi Sismica Lineare (Statica o Dinamica Modale) di Edifici in Muratura: in caso di Verifica (per azioni complanari) NON soddisfatta, è possibile applicare la Ridistribuzione del Taglio fra i maschi murari (richiede l'ipotesi di Piani Rigidi). La Ridistribuzione non agisce sulle fasce di piano e non aiuta quindi a soddisfarne la verifica

Opzioni avanzate

Soglia di labilità' per spostamenti nodali (mm): indica il limite di spostamento oltre il quale la deformazione è inaccettabile, di fatto equiparabile alla labilità. Questo parametro è talvolta importante, in particolare in analisi incrementale (pushover) in quanto in alcuni casi la fattorizzazione della matrice di rigidezza della struttura risulta ancora possibile ma gli spostamenti ottenuti sono eccessivi, il che corrisponde fisicamente ad una labilità di fatto. Calibrando la soglia di labilità si possono così evitare campi di spostamenti eccessivi

Minima lunghezza per aste in fondazione infinitamente rigide (m): la generazione del telaio equivalente può condurre alla creazione di aste in fondazione di piccola lunghezza: questo parametro permette di ignorare l'attribuzione di infinita rigidezza a tali elementi, a favore della stabilità numerica della soluzione

Minima forza da considerare (kN): precisione numerica delle forze. Lo stesso valore numerico (in unità kNm) è applicato alla precisione numerica dei momenti

- Passo di discretizzazione per sollecitazioni e deformazioni (m): determina la generazione dei diagrammi di stato e delle deformazioni delle aste

Modifiche automatiche per vincolamento aste: prima dell'esecuzione dell'analisi, si controlla che le aste definite tra due nodi liberi (cioè non collegati a maschi, pilastri o elementi verticali) non presentino svincolamento a traslazione verticale, causa di labilità locale. Per queste aste, se il check 'Modifiche automatiche per vincolamento aste' è selezionato, il sistema controlla inoltre che tutte le aste che convergono nei nodi iniziale e finale non siano svincolate a traslazione verticale: a tale situazione corrisponderebbero altre labilità

PARAMETRI DI CALCOLO: Sismica

Direzioni di analisi e Combinazione delle componenti

Angolo di ingresso del sisma

Angolo (in gradi °) che la direzione sismica di riferimento forma con l'asse X (+: corrisponde alla rotazione antioraria di X verso Y). Eseguita l'analisi modale, il calcolo dei coefficienti di partecipazione e quindi delle forze spettrali viene eseguito nella direzione specificata e nella direzione ortogonale (frequentemente: a 0° e a 90°, cioè lungo l'asse X e lungo l'asse Y [le due direzioni orizzontali globali])

Criterio di combinazione delle componenti orizzontali (per le analisi lineari statica, dinamica)

Con riferimento a §7.3.5, per un dato effetto (spostamento o sollecitazione) le componenti orizzontali dell'azione sismica devono essere considerate simultaneamente. La combinazione delle componenti dell'azione sismica non viene eseguita in Analisi Sismica Statica Non Lineare (Pushover). In Analisi Sismica Lineare (Statica o Dinamica Modale), è possibile combinare gli effetti dell'analisi condotta in ciascuna delle due direzioni tra loro ortogonali di riferimento, secondo una delle seguenti modalità:

- Combinazione non eseguita: si valutano solo risultati in direzione α° (ignorare cioè i risultati in direzione $(\alpha+90)^\circ$).

In caso di $\alpha^\circ=0$, ciò significa considerare gli effetti del solo sisma X

- Combinazione non eseguita: si valutano solo risultati in direzione $(\alpha+90)^\circ$ (ignorare cioè i risultati in direzione α°).

In caso di $\alpha^\circ=0$, ciò significa considerare gli effetti del solo sisma Y

- Combinazione eseguita, calcolando la radice quadrata della somma dei quadrati: $E = \sqrt{E_\alpha^2 + E_{(\alpha+90)}^2}$

- Combinazione eseguita, sommando ai massimi ottenuti per l'azione applicata in una direzione, il 30% dei massimi ottenuti per l'azione applicata nell'altra direzione: $\pm \text{Max} [(E_\alpha + 0.30 E_{(\alpha+90)}); (0.30 E_\alpha + E_{(\alpha+90)})]$ (è l'unica modalità indicata in §7.3.5)

Ignorare effetti eccentricità accidentali

Con questo parametro è possibile ignorare gli effetti dei momenti torcenti aggiuntivi dovuti all'eccentricità accidentale (pari a +/-5% della dimensione dell'edificio perpendicolare alla direzione sismica) (§7.2.6)

Opzioni di analisi

Progettazione semplificata per zone a bassa sismicità'

$S_d(T1)$ (g) è il valore semplificato dello spettro di risposta

Per analisi sismiche lineari:

- Quota Z di inizio degli effetti sismici (m) (per analisi sismiche lineari)

Quota di riferimento Q per il calcolo delle forze sismiche (§7.3.3.2), rispetto alla coordinata Z=0.000 assunta nei Dati. Con $Q < 0$ si può tenere conto dell'altezza delle fondazioni; con $Q > 0$ si attribuisce alla corrispondente zona inferiore dell'edificio un moto rigido insieme al terreno (p.es. in caso di piani interrati o di scantinati in c.a. di edifici in muratura considerati come 'strutture di fondazione').

In Analisi Sismica Dinamica Modale le masse ubicate al di sotto della quota di inizio degli effetti sismici sono considerate inattive

- Amplificazione spostamenti sismici: ignorare ai fini del calcolo delle tensioni sul terreno

Il fattore moltiplicativo sismico per gli spostamenti: μ_d (§7.3.3.3 per SLV, §C.7.3.7 per SLO e SLD) può essere considerato solo ai fini degli spostamenti della sovrastruttura e non dei nodi di fondazione. Lo spostamento dei nodi di fondazione determina la tensione sul terreno, attraverso il coefficiente di Winkler. Pertanto, senza l'amplificazione sismica allo spostamento verticale dei nodi di fondazione si evita una sovrastima delle tensioni sul terreno

- Eseguire analisi per SLO, SLD

Non selezionando queste due opzioni, è possibile limitare l'esecuzione delle analisi sismiche lineari a SLV

Per Analisi Sismica Statica Lineare

Altezza H dal piano di fondazione (m)

Periodo principale T1 (sec) in direzione X e in direzione Y

Calcolo di T1 con relazione $T1 = C1 \cdot H^{(3/4)}$ §7.3.3.2

- C1 per il calcolo di $T1 = 0.05$

$\lambda=1.00$ nella definizione delle forze in Sismica Lineare

Secondo §7.8.1.5.2, l'Analisi Sismica Statica Lineare per edifici in muratura è applicabile anche nel caso di edifici irregolari in altezza, purché si ponga $\lambda=1.00$ (§7.3.3.2)

PARAMETRI DI CALCOLO: Analisi Modale

L'Analisi Modale viene condotta con il metodo di Lanczos.

Metodo di normalizzazione degli autovettori

Possibili opzioni:

- rispetto alle masse
- rispetto allo spostamento massimo

Nelle analisi modali viene generalmente utilizzata la normalizzazione rispetto alle masse. Cambiando modalità, cambiano i valori dei coefficienti di partecipazione, ma non i risultati dell'analisi modale (in particolare, non cambiano le masse modali efficaci o masse partecipanti). La normalizzazione rispetto allo spostamento massimo (che diviene unitario) può essere utilizzata in analogia al metodo di calcolo del "fattore di partecipazione modale" utilizzato in analisi statica non lineare per associare al sistema strutturale reale (a più gradi di libertà) il sistema strutturale equivalente ad un grado di libertà (oscillatore monodimensionale) (§7.3.4.1)

Criterio e numero di modi da calcolare

Possibili opzioni:

- tutti i modi corrispondenti agli ND gradi di libertà dinamici del sistema (ND non è un dato in input, ma dipende dalle caratteristiche della struttura e viene definito nel corso dell'analisi)
- numero di modi specificato in input (NC), con limite superiore ND

Criterio e numero di modi da considerare

Possibili opzioni:

- tutti i modi calcolati
- numero di modi specificato in input, con limite superiore pari a NC
- tutti i modi, fra quelli calcolati, con massa partecipante superiore al 5% (occorre aver calcolato tutti i modi)
- un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. Il numero di modi calcolati potrebbe non essere sufficiente a soddisfare questa condizione: in tal caso, i modi considerati saranno tutti gli NC calcolati, e nei risultati dell'analisi modale si potrà osservare che la massa partecipante non supera l'85%
- tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85% (§7.3.3.1)

Metodo di combinazione dei modi

La modalità di combinazione dei modi al fine di calcolare sollecitazioni e spostamenti complessivi, può essere una delle due seguenti:

- SRSS (square root of sum of squares, radice quadrata della somma dei quadrati). Questo metodo viene applicato solo se ciascun modo differisce di almeno il 10% da tutti gli altri, come indicato in OPCM 3274/2003. SRSS non è previsto da NTC 08
- CQC (complete quadratic combination, combinazione quadratica completa) (§7.3.3.1)

PARAMETRI DI CALCOLO: Muratura**Tipo di edificio e Livello di Conoscenza**

Muratura (ordinaria, armata, armata con gerarchia delle resistenze)

- tipologia

Per edifici esistenti viene indicato il Livello di Conoscenza (§C8A.1.4)

- per edificio nuovo: verifica di robustezza secondo §3.1.1

In caso affermativo, per l'analisi statica (non sismica) di un edificio nuovo vengono imposte azioni nominali convenzionali, in aggiunta alle altre azioni esplicite (non sismiche e da vento) da applicarsi secondo due direzioni ortogonali e consistenti in una frazione dei carichi pari all'1%. PCM traduce questa prescrizione nelle verifiche di resistenza incrementando direttamente momento flettente e taglio di una quota pari all'1% dello sforzo normale

- fattore di confidenza per muratura esistente

Il Fattore di Confidenza FC viene normalmente definito in relazione al livello di conoscenza (§C8A.1.4), ed assume valore pari a 1.00, 1.20 o 1.35; in alcuni casi può assumere valori diversi: in particolare, per gli edifici monumentali la Normativa specifica (Dirett.PCM 9.2.2011) definisce la modalità di calcolo di FC in §4.2

- γ_M in Analisi Statica

Il valore di riferimento del coefficiente parziale di sicurezza dei materiali è definito in Tab. 4.5.II, §4.5.6.1

- γ_M in Analisi Sismica

Il valore di riferimento del coefficiente parziale di sicurezza dei materiali per azioni sismiche è definito in §7.8.1.1

Comportamento muratura**Diagramma di calcolo tensione-deformazione (§4.1.2.1.2.2)**

Definisce il diagramma di comportamento della muratura secondo una delle due seguenti modalità:

- Stress-block, con: $M_u = (I^2 t \sigma_0 / 2) [1 - (\sigma_0 / 0.85 f_d)]$ (§7.8.2.2.1), o equivalentemente: $M' = M / (N_u I)$, $M' = M' / (N_u I)$, $N' = N / N_u$, dove: $N_u = 0.85 f_d I t$

- Parabola-rettangolo, con M_u da domino di resistenza N-M. Questa opzione è automaticamente utilizzata per sezioni di muratura armata o consolidate con FRP / CAM / Reticolatus. Con questa opzione è possibile definire con esattezza la zona reagente, ai fini della verifica a Taglio per Scorrimento, assicurando coerenza fra Taglio e PressoFlessione (N,M e T agiscono contemporaneamente sulla sezione trasversale)

Muratura: $\epsilon m2$, ϵmu (per mille)

Per il modello parabolico-rettangolare, vengono specificate la deformazione di inizio tratto plastico ($\epsilon m2$) e la deformazione ultima (ϵmu)

PARAMETRI DI CALCOLO: Analisi

Per maschi murari

Contributo rigidità trasversale

In caso non affermativo, viene trascurata la rigidità trasversale di una parete attribuendo alla sua asta rappresentativa il vincolamento a biella in direzione ortogonale al piano della parete stessa.

Assemblaggio rigidità flessionale (EJ) per elementi contigui

In caso affermativo, valuta per ogni asta l'eventuale incremento di rigidità flessionale (EJ complanare) dovuto all'assemblaggio di pareti contigue. L'assemblaggio riguarda gli elementi che rispettano i seguenti requisiti: sono elementi murari verticali (maschi in muratura ordinaria o armata) con la medesima tipologia; appartengono allo stesso piano; hanno identica sigla alfanumerica identificativa del gruppo di assemblaggio; hanno identico Vincolo flessionale complanare (con la condizione aggiuntiva che non devono essere bielle: l'assemblaggio viene effettuato solo su elementi di controvento).

Analisi Sismica: valutazione della sicurezza

Tipo di valutazione della sicurezza sismica

E' possibile identificare la struttura corrente come Stato di Progetto di un Intervento di Miglioramento.

In tal caso, si possono indicare tre nomi di files, corrispondenti ad altrettanti progetti di PCM, che consentono il confronto fra Stato di Progetto e Stato Attuale (precedentemente elaborato), distinguendo anche la possibilità di fare riferimento a files diversi per l'analisi strutturale globale (lineare e/o pushover) e per l'analisi cinematica.

Per edifici esistenti: valutare la sicurezza con riferimento al solo SLV (§8.3)

Per gli edifici in muratura esistenti, è possibile identificare la valutazione della sicurezza della costruzione con le sole verifiche a stato limite ultimo SLV (verifiche di resistenza)

Analisi Sismica: varie

Eseguire il calcolo degli Indicatori di Rischio Sismico

In analisi sismica lineare (statica o dinamica modale) è possibile effettuare iterativamente il calcolo della capacità in termini di PGA (e del corrispondente periodo di ritorno TR) agli Stati Limite considerati (SLO, SLD, SLV), ai fini della determinazione dell'indicatore di rischio sismico, inteso come rapporto fra PGA e a.g in input (o analogamente in termini di TR)

Eseguire le verifiche di sicurezza anche per combinazioni (Nmin, T/Mmax), (Nmax, T/Mmin)

In Analisi Lineare, il parametro indica se considerare o meno anche le combinazioni (N min, T/M max), (N max, T/M min)

Ridistribuzione del taglio (§7.8.1.5.2-3)

- **max riduzione taglio base pareti (%)**, - **max aumento taglio base pareti (%)** Per l'applicazione della tecnica di Ridistribuzione del Taglio (§7.8.1.5.2), NTC08 indica i limiti -25% / +25% (unitamente al confronto con il 10% del taglio di piano). Queste limitazioni erano state precedentemente introdotte, nelle Norme Italiane, da OPCM 3431/2005. Altri valori di riferimento presenti in altri testi normativi sono i seguenti: -25% / +33% (OPCM 3274/2003) e -30% / +50% (EC8, §5.4.(6))

- **confronto con $0.1 \cdot V_{piano}$** Secondo NTC08, deve aversi che il valore assoluto della variazione di taglio in ciascuna parete ΔV non sia superiore a: $\Delta V \leq \max \{0.25|V|, 0.1|V_{piano}|\}$, dove V è il taglio nella parete e V_{piano} è il taglio totale al piano nella direzione parallela alla parete. Questo parametro è lasciato opzionale in PCM per poter eseguire la redistribuzione del taglio con il solo riferimento alle variazioni percentuali del taglio nella parete (ad es., EC8 non prevede la condizione sul taglio globale di piano)

PARAMETRI DI CALCOLO: Verifiche

Per maschi murari

Sezioni di verifica per Azioni Complanari

Le Verifiche vengono eseguite obbligatoriamente nelle sezioni di Base. Per quanto riguarda le sezioni di Sommità, le verifiche (in Analisi Statica e in Analisi Sismica) possono essere eseguite secondo una delle tre seguenti modalità:

in nessun caso; a tutti i piani, tranne l'ultimo; in tutti i casi

PressoFlessione Complanare

Eseguire le Verifiche a PressoFlessione Complanare (§7.8.2.2.1)

Considerare la Flessione solo nei maschi snelli

è possibile limitare le verifiche a pressoflessione complanare ai soli maschi snelli. La snellezza della parete è definita dal rapporto (h/l) fra altezza e lunghezza di base della parete; l'altezza h è definita dalla luce deformabile (al netto quindi delle eventuali zone rigide di estremità)

- snellezza di riferimento

In caso di limitazione alle pareti snelle, è il valore di riferimento del rapporto (h/l): solo le pareti aventi snellezza superiore a tale valore vengono sottoposte a verifica a pressoflessione complanare

Taglio per Scorrimento

Eseguire le Verifiche a Taglio per Scorrimento (§7.8.2.2.2)

Modalità di calcolo della zona reagente

Possibili opzioni:

- la zona reagente viene determinata mediante una distribuzione triangolare delle tensioni [EC6, §4.5.3.(6)]
- la zona reagente a taglio coincide con la zona reagente a pressoflessione. Questa opzione è possibile nel caso in cui il diagramma di comportamento della muratura sia "parabola-rettangolo"

Maschi in muratura ordinaria: prescindere in ogni caso dalla parzializzazione

In caso affermativo, il taglio per scorrimento viene valutato sull'intera sezione, altrimenti solo sulla zona reagente

Taglio per Fessurazione diagonale

Eseguire le Verifiche a Taglio per Fessurazione diagonale (§C8.7.1.5)

Per muratura nuova, in Analisi lineare: $\tau_0 = f_{vmo}$

per la resistenza a taglio per fessurazione diagonale in analisi lineare, per la muratura nuova (in assenza di specifiche normative) è possibile assumere, in analogia con la muratura esistente, il valore medio f_{vmo} anziché il valore caratteristico f_{vko}

Coefficiente di forma b in dipendenza dalla snellezza

Sono possibili tre opzioni:

- $b=1.5$, indipendente dalla snellezza $\lambda=(h/l)$ (criterio di Turnsek-Cacovic, formulazione originaria del metodo Por)
- $b=(h/l)$, con: $1.0 \leq b \leq 1.5$ (§C8.7.1.5) (criterio di Benedetti e Tomazevic)
- $b=1+0.5(h/l)$, con: $b \leq 1.5$ (criterio proposto da Betti, Galano, Petracchi, Vignoli)

Pressoflessione Ortogonale

Analisi Statica (§4.5.6.2)

- Con azioni da modello di calcolo 3D

In caso affermativo, vengono eseguite verifiche per azioni ortogonali con sollecitazioni di pressoflessione ortogonale derivanti dall'analisi spaziale del modello 3D dell'edificio. Questo parametro è influente per modellazioni piane (§4.5.5)

- Eccentricità minima ($h/200$) anche per verifiche con azioni da modello di calcolo 3D

E' possibile considerare un'eccentricità minima ($h/200$) [(4.5.9) in §4.5.6.2] anche per verifiche con azioni da modello di calcolo (3D)

- Metodo semplificato (ipotesi di parete incernierata a livello dei piani) (§4.5.5, §4.5.6.2)

In caso affermativo, per la valutazione degli effetti delle azioni fuori piano si considera il modello semplificato basato sullo schema dell'articolazione completa (cerniere) alle estremità degli elementi strutturali (cerniere ai nodi iniziale e finale, indipendentemente dalle eventuali zone rigide); la presenza di eventuali zone rigide in direzione ortogonale riduce la luce deformabile della parete, che diventa pari alla lunghezza totale meno le zone rigide: la luce deformabile viene utilizzata per il calcolo della snellezza e dell'eccentricità accidentale

- Eseguire le verifiche (sia da modello 3D, sia con metodo semplificato) solo in mezzeria

E' possibile limitare le verifiche a pressoflessione ortogonale alle sole sezioni di mezzeria delle pareti

Analisi Sismica (§7.8.2.2.3)

- Con azioni da modello di calcolo 3D

In caso affermativo, vengono eseguite verifiche per azioni ortogonali con sollecitazioni di pressoflessione ortogonale derivanti dall'analisi sismica spaziale del modello 3D dell'edificio. Questo parametro, influente per modellazioni piane, può essere attivo sia in analisi lineare sia in analisi non lineare

- Con azioni convenzionali

In caso affermativo, vengono eseguite verifiche per azioni ortogonali convenzionali condotte secondo quanto prescritto da §7.2.3 (forze equivalenti, per elementi non strutturali; a tale punto riconduce §7.8.1.5.2). Queste verifiche possono essere eseguite sia per modelli spaziali che piani, ma limitatamente all'analisi lineare. In caso di analisi globale dell'edificio condotta con il metodo statico non lineare, eventuali richieste sulla capacità delle pareti per azioni ortogonali convenzionali richiedono necessariamente anche l'esecuzione dell'analisi lineare (il cui interesse sui risultati si focalizzerà ovviamente sulla sola pressoflessione ortogonale convenzionale)

- Assumere $T_a=0$ per tutte le pareti che rispettano i requisiti della Tab.7.8.II, per muratura sia nuova che esistente

Secondo §7.8.1.5.2, per le pareti murarie che rispettano i requisiti dimensionali riportati in tab.7.8.II, si assume $T_a=0$. Se questo parametro è attivato, tale prescrizione è estesa anche alle pareti in muratura esistente

PARAMETRI DI CALCOLO: Pushover (1)

Parametri caratteristici dell'Analisi Pushover per edifici in muratura (§7.3.4.1, §7.8.1.5.4)

Distribuzioni di forze

Le distribuzioni di forze sono suddivise nel modo seguente:

Gruppo 1: distribuzioni principali

Fisse (rapporti tra forze fissi nel corso del processo incrementale)

(A) **Lineare**: forze proporzionali a quelle da utilizzarsi per l'analisi statica lineare

(B) **Uni-modale**: forze modali, proporzionali al prodotto delle masse per la deformata corrispondente al primo modo di vibrazione

(C) **Dinamica**: forze corrispondenti alla distribuzione delle forze modali calcolate con analisi dinamica lineare, tenendo conto di tutti i modi considerati

(D) **Multi-modale**: forze modali, proporzionali al prodotto delle masse per la deformata corrispondente ad una forma modale equivalente, tenendo conto di tutti i modi considerati

Gruppo 2: distribuzioni secondarie

(E) **Uniforme**: forze proporzionali alle masse

Adattive (la distribuzione di forze viene aggiornata ad ogni evoluzione di rigidità, previa riesecuzione dell'analisi modale):

(F) **Uni-modale**

(G) **Dinamica**

(H) **Multi-modale**

Le distribuzioni (A)(B)(C) del Gruppo 1 e (E)(F)(G) del Gruppo 2 sono espressamente citate in §7.3.4.1. Le distribuzioni (D)(H) possono essere considerate distribuzioni multi-modali, alternative o complementari alle (C)(G).

Per edifici in muratura nuovi, con impalcati rigidi, si considereranno almeno una distribuzione del Gruppo 1 e almeno una del Gruppo 2, con le limitazioni previste: (A) e (B) sono applicabili solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha massa partecipante non inferiore al 60% (§7.8.1.5.4); (C) solo se il periodo fondamentale è superiore a TC.

Per edifici in muratura esistenti, potranno essere utilizzate le distribuzioni (A)(E) indipendentemente dalla massa partecipante del primo modo (§C8.7.1.4).

Le distribuzioni (C)(G) dipendono dalle forze spettrali: pertanto, poichè a SLD (di danno) e SLV (ultimo) corrispondono due distinti spettri di risposta, l'analisi pushover si differenzia fra i due stati limite; ognuna delle due verifiche a SLD e SLV si effettua nel corrispondente diagramma. Per tutte le altre distribuzioni, il diagramma pushover SLD e SLV è coincidente, ed in esso sono eseguite entrambe le verifiche

Fattore di partecipazione modale

Masse per fattore part.modale

Metodo di valutazione delle masse per il calcolo del Fattore di partecipazione modale, che consente la trasformazione da M-GDL a 1-GDL: sono possibili le due seguenti opzioni:

- matrice di massa del sistema reale (con masse traslazionali m_X m_Y e inerzie torsionali J_Z),
- solo masse traslazionali nella direzione di analisi (solo per analisi secondo X o Y: $\alpha=0^\circ$).

Fattore di partecipazione modale $\Gamma = 1.00$ in distrib. uniforme (E)

Per la distribuzione uniforme (E) è possibile adottare il valore 1.000 per il fattore di partecipazione modale, il che equivale a considerare coincidenti i due sistemi M-GDL e 1-GDL (un esempio di valore 1.000 per la distribuzione uniforme è riportato in: "The N2 method for simplified non-linear seismic analysis - overview and recent developments", P.Fajfar and M.Dolsek, in: L'Ingegneria Sismica in Italia, XI Convegno ANIDIS (Relazioni ad invito), 2004)

Incrementi di taglio, Direzioni di analisi, Punto di controllo

Incremento di taglio alla base (kN)

- iniziale (fino al taglio di prima plasticizzazione): incremento progressivo di taglio alla base dell'edificio, durante la fase iniziale (elastica) dell'analisi, prima del raggiungimento della prima plasticizzazione
- dopo il taglio di prima plasticizzazione: incremento progressivo di taglio alla base dell'edificio, dopo il raggiungimento della prima plasticizzazione (un valore inferiore all'incremento iniziale permette di cogliere con maggiore precisione il comportamento nel campo oltre la fase elastica)

Direzione e verso di analisi

$+\alpha$ ($+X$ per $\alpha=0^\circ$), $-\alpha$ ($-X$ per $\alpha=0^\circ$), $+(\alpha+90^\circ)$ ($+Y$ per $\alpha=0^\circ$), $-(\alpha+90^\circ)$ ($-Y$ per $\alpha=0^\circ$)

- Considerare gli effetti dell'eccentricità accidentale

In caso affermativo, per analisi 3D si considerano anche i momenti torcenti aggiuntivi dovuti all'eccentricità accidentale (§7.2.6), determinando quindi, nel caso più generale, 12 analisi: $+X$, $+X+/-Mt$, $-X$, $-X+/-Mt$, $+Y$, $+Y+/-Mt$, $-Y$, $-Y+/-Mt$

Punto di controllo

Posizione del punto di controllo, di cui viene rilevato lo spostamento orizzontale nel corso dell'analisi pushover. Sono possibili due opzioni:

- baricentro del piano indicato
- baricentro del piano con spostamento maggiore nel modo di vibrare principale nella direzione di analisi

PARAMETRI DI CALCOLO: Pushover (2)

Comportamento degli elementi strutturali

Verifiche di sicurezza in corso di analisi

Le opzioni indicate possono essere o meno selezionate.

Maschi murari

- non eseguire verifiche a Sforzo Normale di Trazione
- non eseguire verifiche a PressoFlessione Ortogonale

Fasce di piano (Strisce, Sottofinestra)

- non eseguire verifiche a PressoFlessione
- non eseguire verifiche a Taglio
- non eseguire verifiche di resistenza in fase plastica:

in caso affermativo, le pareti per le quali è avvenuta la plasticizzazione per Taglio non sono più sottoposte a verifica per PressoFlessione, e viceversa

Fondazioni

- ignorare aste su suolo elastico in Analisi Pushover

Curve caratteristiche: comportamento

Maschi murari

Il comportamento meccanico maschi a pressoflessione può essere schematizzato secondo due modalità:

- Diagramma Bilineare: Elastico lineare - Plastico. Rigidezza iniziale: elastica (si ignora la rigidezza fessurata definita nei Dati Aste)
 - Diagramma Bilineare: Elastico lineare - Plastico. Rigidezza iniziale: fessurata (pari alla rigidezza fessurata definita nei Dati Aste)
- A PressoFlessione, il comportamento plastico si attiva al raggiungimento del Momento ultimo ($M = M_u$). Se l'asta raggiunge il limite di resistenza a PressoFlessione ($M = M_u$) prima che per Taglio (Scorrimento o Fess.Diag.), il tratto plastico terminerà al massimo spostamento per PressoFlessione (determinato dal drift a pressoflessione). Se l'asta raggiunge il limite di resistenza per Taglio (Scorrimento o Fess.Diag.) prima che per PressoFlessione, il tratto plastico terminerà al massimo spostamento per Taglio (determinato dal drift a taglio)

Fasce di piano (Strisce, Sottofinestra)

Sono possibili due modalità: elasto-fragile, o: elasto plastico. In caso elasto-fragile, raggiunto il limite di resistenza a taglio, la fascia crolla immediatamente. In caso elasto-plastico, raggiunto il limite di resistenza a taglio, la fascia continua a sostenere il taglio (tratto plastico) fino al collasso successivo di maschi murari.

- **Dopo il collasso, la fascia non vincola più gli spostamenti orizzontali dei nodi dei maschi tra i quali è definita:** oltre alla trasformazione in biella, la fascia viene svincolata a traslazione orizzontale nel suo estremo iniziale

Modalità di calcolo

Spostamento ultimo

Drift ultimo (deformazione angolare)

In caso affermativo, durante l'analisi pushover la singola parete raggiunge lo stato limite ultimo (punto di collasso) per uno spostamento orizzontale determinato dal drift. Secondo Normativa: 0.8% H per muratura nuova (§7.8.2.2.1) e 0.6% H per muratura esistente (§C8.7.1.4) nel caso di resistenza ultima per PressoFlessione Complanare, oppure: 0.4% H (§7.8.2.2.2, §C8.7.1.4) nel caso di resistenza ultima per Taglio. Per l'esattezza, nel calcolo vengono utilizzati i valori dei drift specificati in input, che possono assumere valori diversi rispetto a quelli indicati in Normativa

Controllo di duttilità (multiplo dello spostamento limite elastico)

In caso affermativo, durante l'analisi pushover la singola parete raggiunge lo stato limite ultimo (punto di collasso) per uno spostamento orizzontale pari allo spostamento registrato al limite elastico (in corrispondenza del punto di raggiungimento di crisi a pressoflessione o a taglio) moltiplicato per la duttilità del materiale costitutivo della parete, in analogia con i metodi Por. Qualora i controlli di spostamento secondo NTC e secondo duttilità siano entrambi attivi, viene considerato il valore minore.

Affinché questo approccio sia comparabile con quello a drift secondo NTC, occorre considerare che le duttilità originariamente definite per il metodo Por (1.5 per pareti non consolidate, 2 per muratura consolidata o nuova) si riferivano a spostamenti elastici calcolati con moduli di elasticità 'ridotti' rispetto al valore elastico, considerando in pratica pannelli già fessurati. Attribuendo ad es. alla rigidezza fessurata un valore pari al 50% della rigidezza elastica originaria, i valori di duttilità possono essere raddoppiati qualora si faccia riferimento ai moduli elastici non ridotti (come normalmente avviene nell'applicazione del D.M. 14.1.2008)

Sistema bilineare equivalente

Modalità di determinazione del sistema bi-lineare equivalente (basata sull'uguaglianza delle aree sottese dalla curva di capacità 1-GDL e dal diagramma bi-lineare equivalente)

massima riduzione di resistenza in corrispondenza di SLU (%)

secondo Normativa, tale valore è pari: 15% in generale (§C7.3.4.1), 20% per la muratura (§C7.8.1.5.4)

tratto elastico passante per il punto con Taglio (κT_{max}), dove κ è definito in input:

definizione della rigidezza: il tratto elastico passa per il punto (κF_{bu}) della curva di capacità del sistema equivalente (secondo

Normativa: $\kappa=0.6$ in generale (§C7.3.4.1), 0.7 per la muratura (§7.8.1.6])

Ulteriori condizioni per il raggiungimento di SLU

Spostamenti non superiori ad H/k , con: H altezza dell'edificio, dove k è definito in input

In caso affermativo, l'elaborazione della curva verrà conclusa quando al passo successivo vi è uno spostamento maggiore di H/x .

Taglio alla base (kN) non superiore al valore definito in input

In caso affermativo, l'elaborazione della curva verrà conclusa quando al passo successivo viene raggiunto un taglio globale superiore al limite specificato

Massima diminuzione di rigidezza fra due passi consecutivi

In caso affermativo, l'elaborazione della curva verrà conclusa quando al passo successivo vi è una diminuzione di rigidezza maggiore del limite specificato

Riduzione del Taglio non superiore a R% del massimo

Per la definizione del punto corrispondente allo Stato Limite Ultimo sulla curva di capacità, occorre fare riferimento a quanto indicato in §7.8.1.5.4: lo Stato Limite Ultimo è definito dallo spostamento corrispondente ad una riduzione della forza non superiore a R% ($R=20$ secondo Normativa) del massimo. A causa degli eventuali collassi parziali di alcuni elementi (in corrispondenza di tali collassi si determinano 'gradini' nella curva di capacità), la prescrizione può avere tre diverse interpretazioni, cui corrispondono i valori del parametro di calcolo in PCM:

- prima riduzione pari a R% rispetto ad un massimo relativo
- prima riduzione pari a R% rispetto al massimo assoluto
- ultima configurazione equilibrata corrispondente ad una riduzione non superiore a R% del massimo assoluto.

- SLU: ultimo punto effettivamente calcolato prima della riduzione del Taglio pari a R% rispetto al massimo

indica che lo SLU verrà identificato con l'ultimo punto effettivamente calcolato prima della riduzione della forza pari a R% del valore massimo

Opzioni varie

- Ignorare tratti plastici orizzontali a taglio ultimo costante in caso di collasso completo di un piano

In caso affermativo, vengono ignorati tratti plastici orizzontali a taglio ultimo costante in caso di collasso completo già avvenuto per un piano dell'edificio (formazione di piano soffice). Lo stato ultimo può infatti essere raggiunto a causa del contemporaneo collasso, ad un certo piano dell'edificio, di tutte le pareti sismicamente resistenti orientate nella direzione di analisi: in tal caso si ha la formazione del

'piano soffice'. Riserve plastiche sarebbero ancora possibili se ad esempio il punto di controllo è in copertura, ma il piano soffice si è formato a un piano inferiore: se queste riserve vengono considerate, producono uno spostamento del punto controllo maggiore (con un tratto orizzontale a taglio ultimo costante) nel diagramma pushover, con possibile incremento dei coefficienti di sicurezza

- Incremento di taglio autocorrettivo per individuare i punti di collasso dei singoli elementi strutturali

opzione del metodo numerico implementato in PCM per l'individuazione più precisa del punto di collasso delle singole pareti

PARAMETRI DI CALCOLO: Muratura Armata

Acciaio

Acciaio: f_{yk} - f_{yd} (N/mm²), ϵ_{ud} (per mille), E_s (N/mm²), ϵ_{yd} (per mille)

Parametri caratteristici dell'acciaio. Per l'acciaio si considera un diagramma di calcolo tensione-deformazione [§4.1.2.1.2.3] elastico-perfettamente plastico. Al tipo di acciaio scelto (ad es. B450C) [§11.3.2.1] corrispondono: f_{yk} (ad es. ≥ 450 N/mm²); la tensione di snervamento [§4.1.2.1.1.3]: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ (ad es. $450 / 1.15 = 391$ N/mm²); ϵ_{ud} : limite in % per la deformazione ultima (ϵ_{ud}) (ad es. 10 per mille); E_s : modulo di elasticità; ϵ_{yd} : deformazione di snervamento (secondo §4.1.2.1.2.3: $\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$)

Armatura:

verticale: Φ_{min} barre: 5 mm.;

orizzontale (nei giunti): **tipo di traliccio:**

Indica il tipo di traliccio utilizzato per il rinforzo dei giunti orizzontali con armatura:

- 2 ϕ 4 (filo rotondo per giunti di malta) (sezione: 25 mm²)

- 2 ϕ 5 (filo rotondo per giunti di malta) (sezione: 39 mm²)

- 8x1.5 (filo piatto per giunti incollati) (sezione: 24 mm²)

- generica (sezione specificata nei dati).

- **sezione totale del traliccio A_{sw} (mm²)**

Sezione dell'armatura orizzontale effettivamente utilizzata nel calcolo

- **distanza verticale tra i livelli di armatura (mm)**

- **f_{yd} per l'armatura orizzontale (N/mm²)**

Opzioni per Verifiche di resistenza

PressoFlessione: contributo dell'armatura compressa

Taglio: Sono possibili due opzioni per il contributo dell'armatura orizzontale alla resistenza a taglio:

- ignorare il contributo

- contributo secondo §7.8.3.2.2

PARAMETRI DI CALCOLO: Calcestruzzo Armato

Acciaio

Acciaio: f_{yk} - f_{yd} (N/mm²), ϵ_{ud} (per mille), E_s (N/mm²), ϵ_{yd} (per mille)

Parametri caratteristici dell'acciaio. Per l'acciaio si considera un diagramma di calcolo tensione-deformazione [§4.1.2.1.2.3] elastico-perfettamente plastico

Calcestruzzo

Per il calcestruzzo si considera un diagramma di calcolo tensione-deformazione (§4.1.2.1.2.2) di tipo parabolico-rettangolare. Per tale modello vengono specificate la deformazione di inizio tratto plastico (ϵ_{c2}) e la deformazione ultima (ϵ_{cu})

Varie

Verifiche a PressoFlessione: si considera sempre il contributo dell'armatura compressa

Fattore di confidenza per strutture in c.a. (cfr. Tab.C8A.1.2)

Fattore di Confidenza FC da applicare alla verifica degli elementi in c.a. inseriti in una struttura esistente mista muratura/c.a. FC viene normalmente definito in relazione al livello di conoscenza. Per edifici nuovi in sistema misto muratura-c.a. si considera convenzionalmente FC=1.00 (in modo che tale parametro sia ininfluenza)

PARAMETRI DI CALCOLO: Interventi

Rinforzi a Taglio

Armatura orizzontale (nei giunti) (il passo è una proprietà delle singole aste):

Sezione totale delle barre A_{sw} (mm²), f_{yd} (N/mm²)

FRP

I parametri descrittivi del rinforzo con FRP sono illustrati nei documenti normativi specifici: in particolare:

CNR DT200 R1/2012: Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati;

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, documento approvato il 24 luglio 2009 dall'assemblea Generale Consiglio Superiore LL.PP.

Comportamento: per il composito FRP viene adottato il modello elastico-lineare fino a rottura.

Tipo di applicazione (LG 2009, §2.4.1): A o B

Coefficienti parziali (DT200, §3.4.1): SLU del materiale FRP: γ_f - distacco dal supporto: γ_{fd}

Modulo di elasticità normale nella direzione delle fibre E_f
 Deformazione caratteristica a rottura per trazione ε_{fk}
 Fattore conversione ambientale η_a (DT200, §3.5.1)
 Deformazione di calcolo a rottura per trazione: $(\eta_a \varepsilon_{fk} / \gamma_f)$
 Sezione del singolo nastro (mm): spessore, larghezza
 Angolo d'attrito dei corsi di malta φ (DT200, §5.4.1.2.2) (°)

CAM

I parametri descrittivi del sistema di rinforzo CAM sono illustrati nella documentazione originale (c) EdilCAM.

Acciaio: modello elastico-perfettamente plastico

Per i nastri, si considerano tre possibili **tipologie**:

- **standard**: unica tipologia di nastro sia orizzontale che verticale con possibilità di modulare in maniera diversificata il numero di nastri in sovrapposizione ed il passo della maglia tra nastri orizzontali e verticali
- **migliorato duttile**: per la sostituzione dei nastri orizzontali convenzionali con una tipologia a maggiori prestazioni (rinforzo a taglio)
- **ad alte prestazioni di resistenza elastico**: utilizzato come nastro verticale per il rafforzamento concentrato agli spigoli

Per ognuna delle tre tipologie sono forniti i seguenti parametri:

f_{yk} , f_{yd} , ε_{ud} , ε_{yd} , sezione singolo nastro (mm): spessore, larghezza, raggio curvatura spigoli

Per maschi murari rinforzati con sistema CAM:

è possibile considerare per effetto del confinamento l'incremento di deformazione ultima e/o l'incremento di resistenza ultima.

Reticolatus

Il sistema (c) Reticolatus prevede l'utilizzo di trefoli in acciaio ad alta resistenza. Il corrispondente modello è elastico-lineare fino a rottura. I parametri descrittivi del sistema sono i seguenti:

f_{yd} , E_s (modulo di elasticità), ε_{yd} , sezione del trefolo (mm^2).

Per poter considerare l'effetto del confinamento come incremento di deformazione ultima e/o di resistenza ultima, si definiscono inoltre la larghezza della fascia interessata e il raggio di curvatura.

Acciaio per rinforzo pilastri

Nel caso di pilastri murari, è possibile applicare rinforzi con acciaio strutturale consistenti in fasce (o calastrelli) per la cerchiatura con anelli orizzontali, e in rinforzi longitudinali con angolari agli spigoli.

Tensione di snervamento: caratteristica f_{yk} , di calcolo f_{yd}

Limite per la deformazione ultima ε_{ud}

Modulo di elasticità E_s

Deformazione di snervamento ε_{yd}

Per cerchiatura (fasce o calastrelli):

- Sezione della singola fascia: spessore, larghezza
- Eventuale raggio di curvatura degli spigoli [per angolari di lato l e spessore t : $\min(l, 5t)$]

Per rinforzo longitudinale (angolari agli spigoli):

- lunghezza dell'ala
- spessore

STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	Spogliatoio
Intestazione del lavoro	Spogliatoio
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica e Dinamica
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	kg
Unita' di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	II
Vita di riferimento	50 anni
Luogo	Fontanellato - Fontanellato
Longitudine (WGS84)	10.1738
Latitudine (WGS84)	44.8805
Categoria del suolo	C
Fattore topografico	1

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	30	0.042	2.50	0.23	1.71	1.50	0.063
SLD	50	0.054	2.48	0.25	1.66	1.50	0.081
SLV	475	0.138	2.46	0.28	1.60	1.50	0.206
SLC	975	0.177	2.47	0.29	1.58	1.44	0.254

TR utilizzato nel progetto	475 anni
Comportamento strutturale	Dissipativo

STATO LIMITE ULTIMO

Coefficiente di smorzamento	5%
Eccentricita' accidentale	5%
Numero di frequenze	30

Fattore q di struttura per sisma orizzontale	qor=3
Duttilita'	Bassa Duttilita'
Periodo proprio T1 in direzione X	0.115
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.156

PARAMETRI SISMICI

Angolo del sisma nel piano orizzontale	0
Sisma verticale	Assente
Combinazione dei modi	CQC
Combinazione componenti azioni sismiche	NTC - Eurocodice 8
λ	0.3
μ	0.3

CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

Carico distribuito con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Neve Zona I Mediterranea	3	Condizione 2	Variabile: Neve	-0.015000	0.000	-0.015000	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Peso proprio solaio h = 20+5 cm	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.032000	0.000	-0.032000	0.000	1.0000	1.0000
Permanente	2	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.030000	0.000	-0.030000	0.000	1.0000	1.0000
Getto pieno h = 15 cm	4	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.037500	0.000	-0.037500	0.000	1.0000	1.0000

Carichi da neve

Normativa : NTC 2018 (Norme tecniche per le costruzioni)

Il carico provocato dalla presenza della neve agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Esso è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Provincia : Parma

Zona : Im

Altitudine : 0 m s.l.m.

Valore caratteristico neve al suolo : $q_{sk} = 1.5 \text{ kN/m}^2$

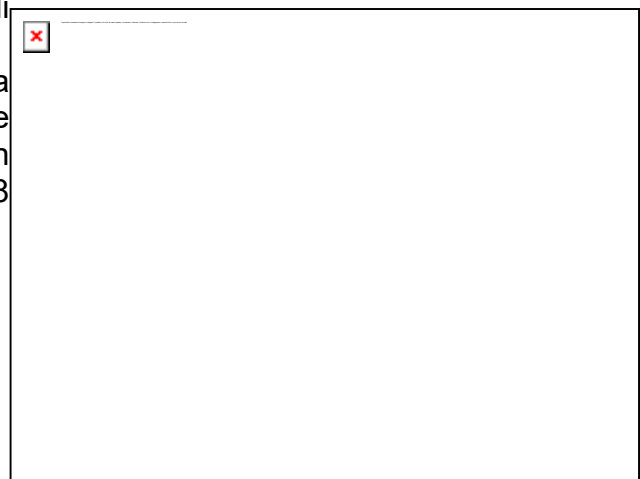
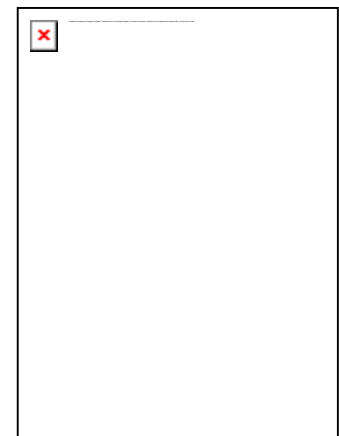
Coefficiente di esposizione C_E : 1 (Normale)

Coefficiente termico C_t : 1

Tipo di copertura: a due falde ($\alpha_1 = 11^\circ$, $\alpha_2 = 11^\circ$)

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.

Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .



Carico da neve :

$$q_s(\mu_1(\alpha_1)) = 1.2 \text{ kN/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha_1) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1(\alpha_2)) = 1.2 \text{ kN/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha_2) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1=0.8) = 1.2 \text{ kN/m}^2$$

COMBINAZIONI DI CARICO**NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA****COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
2	Statica	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
4	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.200
5	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	S.L.D.	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

LISTA MATERIALI UTILIZZATI

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Muratura	+1.50e+004	0.250	0.00180	+0.00e+000	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
2	Calcestruzzo C25/30 (Rck 300)	+3.21e+005	0.120	0.00250	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000

MURATURA

(Riferimento D.M. 17.01.2018, par. 11.10)

Caratteristiche minime dei materiali impiegati per la costruzione delle strutture analizzate con la presente relazione, secondo il D.M. 20/11/1987 (e riprese nel D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”).

Modulo di elasticità normale secante E: $E = 1000 \cdot f_k$

Modulo di elasticità tangenziale secante G: $G = 0.4 \cdot E$

Parametri caratteristici:

f_k : resistenza caratteristica a compressione della muratura;

f_{vk0} : resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali; $f_{vk0} = 0.7 f_{vm}$;

f_{vk} : resistenza caratteristica a taglio in presenza di tensioni di compressione;

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \sigma_n;$$

Valore della f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm ²	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2.0	1.2	1.2	1.2	1.2
3.0	2.2	2.2	2.2	2.0
5.0	3.5	3.4	3.3	3.0
7.5	5.0	4.5	4.1	3.5
10.0	6.2	5.3	4.7	4.1
15.0	8.2	6.7	6.0	5.1
20.0	9.7	8.0	7.0	6.1
30.0	12.0	10.0	8.6	7.2
40.0	14.3	12.0	10.4	--

Valore della f_k per murature in elementi naturali di pietra squadrata

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm ²	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3.0	2.2	2.2	2.2	2.0
5.0	3.5	3.4	3.3	3.0
7.5	5.0	4.5	4.1	3.5
10.0	6.2	5.3	4.7	4.1
15.0	8.2	6.7	6.0	5.1
20.0	9.7	8.0	7.0	6.1
30.0	12.0	10.0	8.6	7.2

≥ 40.0	14.3	12.0	10.4	--
-------------	------	------	------	----

RIEPILOGO DELLE SEZIONI UTILIZZATE NEL MODELLO STRUTTURALE

SEZIONI RETTANGOLARI

Codice	Base	H
1	25.000	25.000
3	100.000	100.000
4	30.000	25.000
5	40.000	25.000

SEZIONE A T

Codice	B	H	h	b
2	80.000	95.000	40.000	25.000

RUPPI DELLA STRUTTURA

ELEMENTO FINITO: TRAVE

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
1	Pilastro piano terreno	
2	Trave piano primo	

ELEMENTO FINITO: PIASTRA

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
1	Muratura	
2	0002	
3	0003	
4	0004	
5	0005	
6	0006	
7	0007	
8	0008	
9	0009	
10	0010	
11	0011	
12	0012	
13	0013	
14	0014	
15	0015	
16	0016	
17	0017	
18	018	
19	019	

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
20	020	
21	021	
22	022	
23	023	
24	024	
25	025	
26	026	
27	027	
28	028	
29	029	
30	030	
31	031	
32	032	
33	033	
34	034	
35	035	
36	036	
37	037	
38	038	
39	039	
40	040	
41	041	
42	042	
43	043	
44	044	
45	045	
46	046	
47	047	
48	048	
49	049	
50	050	
51	051	
52	052	
53	053	
54	054	
55	055	
56	056	
57	057	
58	058	

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
59	059	
60	060	
61	061	
62	062	
63	063	
64	064	
65	065	
66	066	
67	067	
68	068	
69	069	
70	070	
71	071	
72	072	
73	073	
74	074	
75	075	
76	076	
77	077	
78	078	
79	079	
80	080	
81	081	
82	082	
83	083	
84	084	
85	085	
86	086	
87	087	
88	088	
89	089	
90	090	
91	091	
92	092	
93	093	
94	094	
95	095	
96	096	
97	097	

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
98	098	
99	099	
100	100	
101	101	
102	102	
103	103	
104	104	
105	105	
106	106	
107	107	
108	108	
109	109	
110	110	
111	111	
112	112	
113	113	
114	114	
115	115	
116	116	
117	117	
118	118	
119	119	
120	120	
121	121	
122	122	
123	123	
124	124	
125	125	
126	126	
127	127	
128	128	
129	129	
130	130	
131	131	
132	132	

ELEMENTO FINITO: PLINTO

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
---------------	--------------------	--

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
1	Plinto	

ELEMENTO FINITO: TRAVE DI FONDAZIONE

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
1	Trave di fondazione	

GRUPPI ELEMENTO FINITO TRAVE DI FONDAZIONE

GRUPPO NUMERO: 1 - DESCRIZIONE: TRAVE DI FONDAZIONE

Nodi				Connessioni						
Asta	I	J	K	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	car.suolo	larg.impronta	suddivisioni
1	128	501	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
2	501	502	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
3	502	382	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
4	382	129	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
5	129	310	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
6	310	448	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
7	448	132	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
8	132	505	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
9	505	385	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
10	385	138	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
11	138	317	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
12	317	456	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
13	456	140	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
14	140	509	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
15	509	541	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
16	541	512	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
17	512	513	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
18	513	544	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
19	544	545	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
20	545	146	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
21	146	148	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
22	148	396	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
23	396	152	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
24	87	479	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
25	479	366	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
26	366	88	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
27	88	292	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
28	292	426	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
29	426	91	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
30	91	97	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
31	97	99	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
32	99	103	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
33	103	105	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
34	105	109	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
35	109	297	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
36	297	432	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
37	432	112	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
38	112	374	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
39	374	118	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
40	118	120	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
41	120	486	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
42	486	534	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
43	534	489	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
44	489	490	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5
45	490	537	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5

Nodi			Connessioni								
Asta	I	J	K	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	car.suolo	larg.impronta	suddivisioni	
46	537	538	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
47	538	126	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
48	206	207	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
49	207	210	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
50	210	417	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
51	417	214	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
52	214	216	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
53	216	188	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
54	188	189	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
55	189	192	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
56	192	412	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
57	412	198	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
58	198	347	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
59	347	200	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
60	200	126	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
61	126	172	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
62	172	170	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
63	170	164	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
64	164	162	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
65	162	399	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
66	399	156	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
67	156	154	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
68	154	152	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
69	206	220	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
70	220	222	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
71	222	421	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
72	421	228	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
73	228	230	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
74	230	236	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
75	236	486	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
76	87	176	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
77	176	334	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
78	334	468	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
79	468	83	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
80	83	523	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
81	523	407	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
82	407	84	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
83	84	182	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	
84	182	128	0	Rigida	Rigida	2	2	+2.00e+000	80.000	5	

GRUPPI PLINTO

GRUPPO NUMERO: 1 - DESCRIZIONE: PLINTO

Nodo	Nodo K	Sezione	Altezza	Car. suolo
550	0	3	-40.00	+2.00e+000
551	0	3	-40.00	+2.00e+000
553	0	3	-40.00	+2.00e+000
555	0	3	-40.00	+2.00e+000

REAZIONI VINCOLARI STATICA

FORZE MOMENTI PER GRUPPI PLINTO

GRUPPO NUMERO: 1 - DESCRIZIONE: PLINTO

Nodo	c.c.	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
550	1	+2.672e+002	+1.342e+002	+3.810e+003	-2.199e+003	+5.237e+003	-1.111e+001
550	2	+4.294e+002	+1.862e+002	+5.808e+003	-3.021e+003	+8.414e+003	-2.762e+001
550	3	+3.219e+002	+1.421e+002	+4.380e+003	-2.307e+003	+6.308e+003	-1.989e+001
550	4	+2.781e+002	+1.358e+002	+3.924e+003	-2.221e+003	+5.451e+003	-1.287e+001
550	5	+2.672e+002	+1.342e+002	+3.810e+003	-2.199e+003	+5.237e+003	-1.111e+001
551	1	+1.143e+002	+3.588e+001	+6.290e+003	-3.118e+002	+2.314e+003	-1.111e+001
551	2	+1.853e+002	+4.982e+001	+9.861e+003	-3.944e+002	+3.746e+003	-2.762e+001
551	3	+1.387e+002	+3.800e+001	+7.413e+003	-3.045e+002	+2.806e+003	-1.989e+001
551	4	+1.192e+002	+3.631e+001	+6.515e+003	-3.103e+002	+2.412e+003	-1.287e+001
551	5	+1.143e+002	+3.588e+001	+6.290e+003	-3.118e+002	+2.314e+003	-1.111e+001
553	1	-1.052e+002	+1.102e+001	+6.199e+003	+1.723e+002	-1.885e+003	-1.111e+001
553	2	-1.668e+002	+1.573e+001	+9.747e+003	+2.786e+002	-2.988e+003	-2.762e+001
553	3	-1.252e+002	+1.195e+001	+7.324e+003	+2.087e+002	-2.243e+003	-1.989e+001
553	4	-1.092e+002	+1.120e+001	+6.424e+003	+1.796e+002	-1.957e+003	-1.287e+001
553	5	-1.052e+002	+1.102e+001	+6.199e+003	+1.723e+002	-1.885e+003	-1.111e+001
555	1	-3.156e+001	+1.654e+001	+5.261e+003	+7.356e+001	-4.759e+002	-1.111e+001
555	2	-7.229e+001	+2.502e+001	+8.138e+003	+1.181e+002	-1.180e+003	-2.762e+001
555	3	-5.240e+001	+1.889e+001	+6.126e+003	+8.852e+001	-8.503e+002	-1.989e+001
555	4	-3.573e+001	+1.701e+001	+5.434e+003	+7.655e+001	-5.508e+002	-1.287e+001
555	5	-3.156e+001	+1.654e+001	+5.261e+003	+7.356e+001	-4.759e+002	-1.111e+001

TABELLA FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: +EX

Numero	Pulsazione (Rad/sec)	Frequenza (Hz)	Periodo (sec)	Precisione
1	3.980e+001	6.335e+000	1.579e-001	0.000e+000
2	5.377e+001	8.558e+000	1.169e-001	0.000e+000
3	5.762e+001	9.170e+000	1.090e-001	0.000e+000
4	5.805e+001	9.239e+000	1.082e-001	0.000e+000
5	6.182e+001	9.838e+000	1.016e-001	0.000e+000
6	6.313e+001	1.005e+001	9.953e-002	0.000e+000
7	6.540e+001	1.041e+001	9.607e-002	0.000e+000
8	7.530e+001	1.198e+001	8.344e-002	0.000e+000
9	8.154e+001	1.298e+001	7.706e-002	0.000e+000
10	8.338e+001	1.327e+001	7.536e-002	0.000e+000
11	8.795e+001	1.400e+001	7.144e-002	0.000e+000
12	9.202e+001	1.464e+001	6.828e-002	0.000e+000
13	9.676e+001	1.540e+001	6.493e-002	0.000e+000
14	9.903e+001	1.576e+001	6.345e-002	0.000e+000
15	1.011e+002	1.610e+001	6.212e-002	0.000e+000
16	1.102e+002	1.755e+001	5.700e-002	0.000e+000
17	1.148e+002	1.827e+001	5.474e-002	0.000e+000
18	1.159e+002	1.844e+001	5.423e-002	8.466e-038
19	1.191e+002	1.896e+001	5.274e-002	5.863e-036
20	1.249e+002	1.989e+001	5.029e-002	9.282e-033
21	1.317e+002	2.097e+001	4.769e-002	8.923e-029
22	1.360e+002	2.165e+001	4.620e-002	5.314e-025
23	1.380e+002	2.196e+001	4.554e-002	1.126e-023
24	1.391e+002	2.214e+001	4.517e-002	4.388e-022
25	1.422e+002	2.264e+001	4.417e-002	1.201e-021
26	1.436e+002	2.285e+001	4.376e-002	2.359e-020

Numero	Pulsazione (Rad/sec)	Frequenza (Hz)	Periodo (sec)	Precisione
27	1.474e+002	2.345e+001	4.264e-002	5.756e-017
28	1.488e+002	2.368e+001	4.223e-002	2.812e-017
29	1.494e+002	2.378e+001	4.206e-002	6.006e-016
30	1.506e+002	2.397e+001	4.172e-002	5.652e-017

TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: -EX

Numero	Pulsazione (Rad/sec)	Frequenza (Hz)	Periodo (sec)	Precisione
1	3.849e+001	6.126e+000	1.632e-001	0.000e+000
2	5.369e+001	8.545e+000	1.170e-001	0.000e+000
3	5.762e+001	9.170e+000	1.091e-001	0.000e+000
4	5.797e+001	9.226e+000	1.084e-001	0.000e+000
5	6.175e+001	9.828e+000	1.017e-001	0.000e+000
6	6.306e+001	1.004e+001	9.964e-002	0.000e+000
7	6.591e+001	1.049e+001	9.534e-002	0.000e+000
8	7.531e+001	1.199e+001	8.343e-002	0.000e+000
9	8.151e+001	1.297e+001	7.709e-002	0.000e+000
10	8.321e+001	1.324e+001	7.551e-002	0.000e+000
11	8.723e+001	1.388e+001	7.203e-002	0.000e+000
12	9.301e+001	1.480e+001	6.755e-002	0.000e+000
13	9.661e+001	1.538e+001	6.504e-002	0.000e+000
14	1.007e+002	1.603e+001	6.238e-002	0.000e+000
15	1.017e+002	1.619e+001	6.178e-002	0.000e+000
16	1.100e+002	1.751e+001	5.711e-002	0.000e+000
17	1.150e+002	1.830e+001	5.465e-002	0.000e+000
18	1.160e+002	1.846e+001	5.418e-002	1.240e-037
19	1.194e+002	1.900e+001	5.263e-002	1.097e-035
20	1.246e+002	1.982e+001	5.045e-002	5.934e-033
21	1.318e+002	2.098e+001	4.767e-002	1.038e-028
22	1.359e+002	2.163e+001	4.624e-002	4.043e-025
23	1.380e+002	2.196e+001	4.554e-002	9.219e-024
24	1.391e+002	2.214e+001	4.516e-002	1.967e-022
25	1.428e+002	2.272e+001	4.401e-002	3.474e-021
26	1.436e+002	2.285e+001	4.376e-002	3.187e-020
27	1.474e+002	2.345e+001	4.264e-002	3.965e-017
28	1.488e+002	2.368e+001	4.223e-002	2.796e-017
29	1.495e+002	2.379e+001	4.204e-002	2.481e-016
30	1.506e+002	2.397e+001	4.171e-002	7.060e-017

TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: +EY

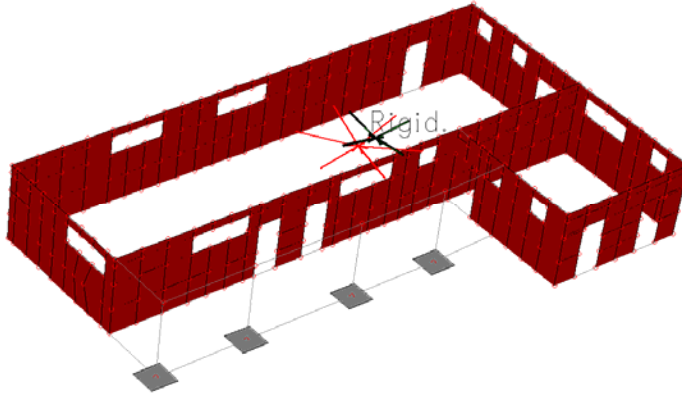
Numero	Pulsazione (Rad/sec)	Frequenza (Hz)	Periodo (sec)	Precisione
1	3.922e+001	6.242e+000	1.602e-001	0.000e+000
2	5.426e+001	8.635e+000	1.158e-001	0.000e+000
3	5.763e+001	9.172e+000	1.090e-001	0.000e+000
4	5.810e+001	9.246e+000	1.082e-001	0.000e+000
5	6.191e+001	9.853e+000	1.015e-001	0.000e+000
6	6.314e+001	1.005e+001	9.952e-002	0.000e+000
7	6.562e+001	1.044e+001	9.575e-002	0.000e+000
8	7.531e+001	1.199e+001	8.343e-002	0.000e+000
9	8.152e+001	1.297e+001	7.707e-002	0.000e+000
10	8.316e+001	1.324e+001	7.556e-002	0.000e+000
11	8.729e+001	1.389e+001	7.198e-002	0.000e+000
12	9.177e+001	1.461e+001	6.847e-002	0.000e+000
13	9.681e+001	1.541e+001	6.490e-002	0.000e+000
14	1.004e+002	1.598e+001	6.257e-002	0.000e+000
15	1.010e+002	1.607e+001	6.222e-002	0.000e+000
16	1.103e+002	1.755e+001	5.698e-002	0.000e+000
17	1.147e+002	1.826e+001	5.476e-002	0.000e+000
18	1.159e+002	1.844e+001	5.423e-002	8.471e-038
19	1.192e+002	1.898e+001	5.270e-002	8.412e-036
20	1.243e+002	1.979e+001	5.053e-002	3.928e-033

Numero	Pulsazione (Rad/sec)	Frequenza (Hz)	Periodo (sec)	Precisione
21	1.318e+002	2.097e+001	4.768e-002	8.828e-029
22	1.360e+002	2.164e+001	4.621e-002	5.460e-025
23	1.380e+002	2.196e+001	4.555e-002	9.654e-024
24	1.391e+002	2.214e+001	4.517e-002	3.305e-022
25	1.425e+002	2.268e+001	4.410e-002	1.828e-021
26	1.436e+002	2.285e+001	4.376e-002	3.141e-020
27	1.474e+002	2.345e+001	4.264e-002	4.006e-017
28	1.488e+002	2.368e+001	4.223e-002	2.595e-017
29	1.495e+002	2.379e+001	4.203e-002	3.703e-016
30	1.506e+002	2.396e+001	4.173e-002	6.443e-017

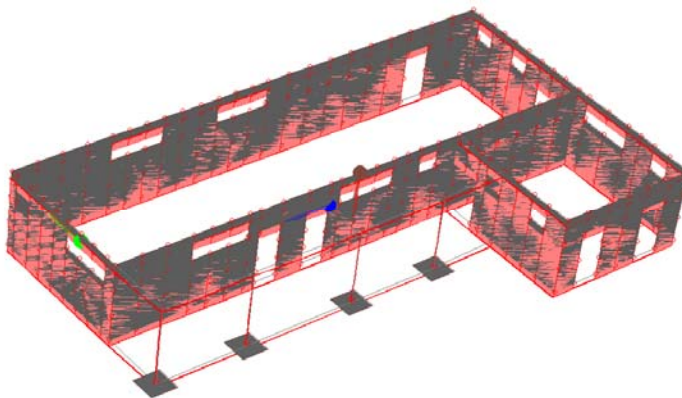
TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: -EY

Numero	Pulsazione (Rad/sec)	Frequenza (Hz)	Periodo (sec)	Precisione
1	3.922e+001	6.242e+000	1.602e-001	0.000e+000
2	5.306e+001	8.446e+000	1.184e-001	0.000e+000
3	5.761e+001	9.168e+000	1.091e-001	0.000e+000
4	5.794e+001	9.222e+000	1.084e-001	0.000e+000
5	6.174e+001	9.826e+000	1.018e-001	0.000e+000
6	6.308e+001	1.004e+001	9.961e-002	0.000e+000
7	6.560e+001	1.044e+001	9.578e-002	0.000e+000
8	7.531e+001	1.199e+001	8.344e-002	0.000e+000
9	8.153e+001	1.298e+001	7.707e-002	0.000e+000
10	8.338e+001	1.327e+001	7.536e-002	0.000e+000
11	8.771e+001	1.396e+001	7.164e-002	0.000e+000
12	9.363e+001	1.490e+001	6.711e-002	0.000e+000
13	9.661e+001	1.538e+001	6.504e-002	0.000e+000
14	9.981e+001	1.589e+001	6.295e-002	0.000e+000
15	1.010e+002	1.608e+001	6.220e-002	0.000e+000
16	1.100e+002	1.751e+001	5.713e-002	0.000e+000
17	1.150e+002	1.831e+001	5.462e-002	2.366e-038
18	1.160e+002	1.846e+001	5.418e-002	1.255e-037
19	1.193e+002	1.898e+001	5.269e-002	6.979e-036
20	1.253e+002	1.994e+001	5.016e-002	1.614e-032
21	1.318e+002	2.097e+001	4.768e-002	1.041e-028
22	1.359e+002	2.163e+001	4.623e-002	4.023e-025
23	1.380e+002	2.197e+001	4.553e-002	1.115e-023
24	1.391e+002	2.214e+001	4.516e-002	2.535e-022
25	1.425e+002	2.267e+001	4.411e-002	1.870e-021
26	1.436e+002	2.285e+001	4.376e-002	2.372e-020
27	1.474e+002	2.345e+001	4.264e-002	6.247e-017
28	1.488e+002	2.368e+001	4.223e-002	3.003e-017
29	1.494e+002	2.377e+001	4.206e-002	3.767e-016
30	1.507e+002	2.398e+001	4.170e-002	6.219e-017

CENTRI DI MASSA E CENTRI DI RIGIDEZZA

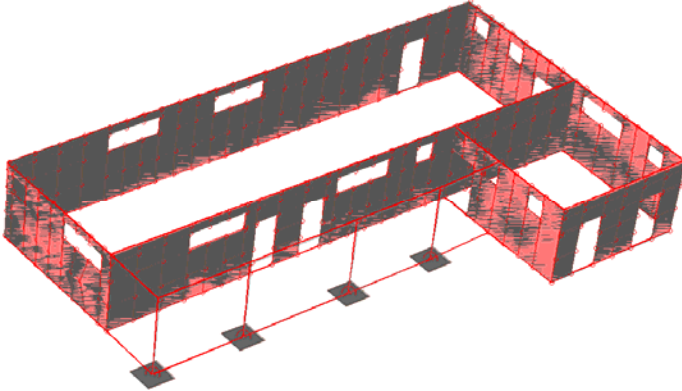


DEFORMATA STATICA



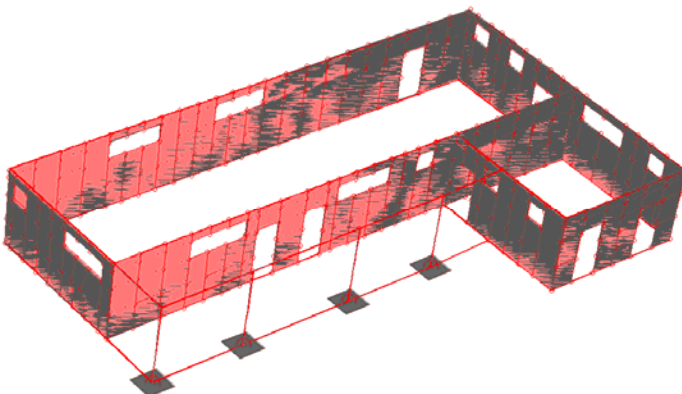
MODO DI VIBRARE 1

Modo 1 $f = 0.480$ Hz $T = 0.154$ s

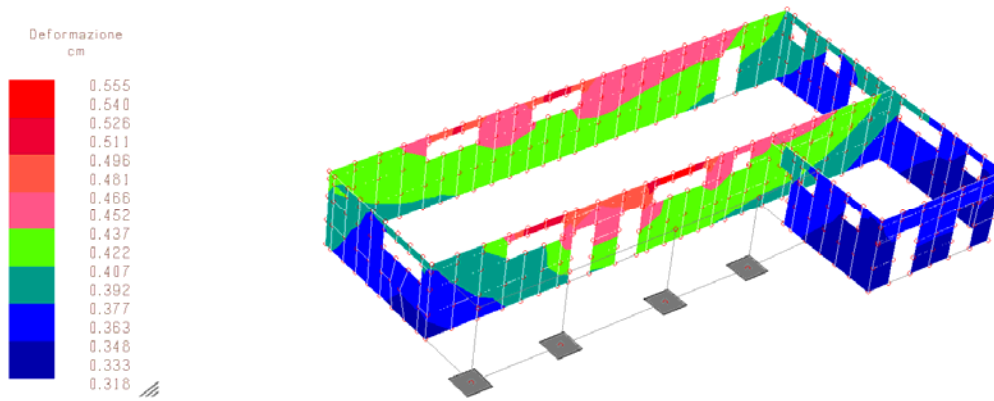


MODO DI VIBRARE 2

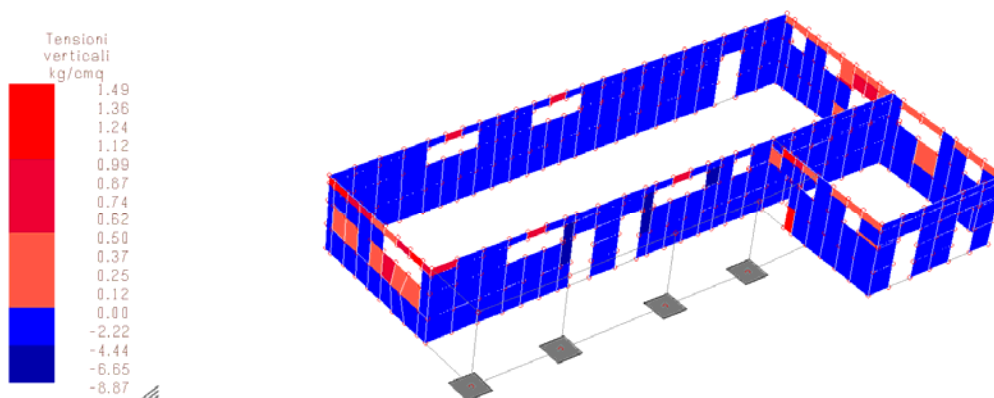
Modo 2 $f = 0.680$ Hz $T = 0.115$ s



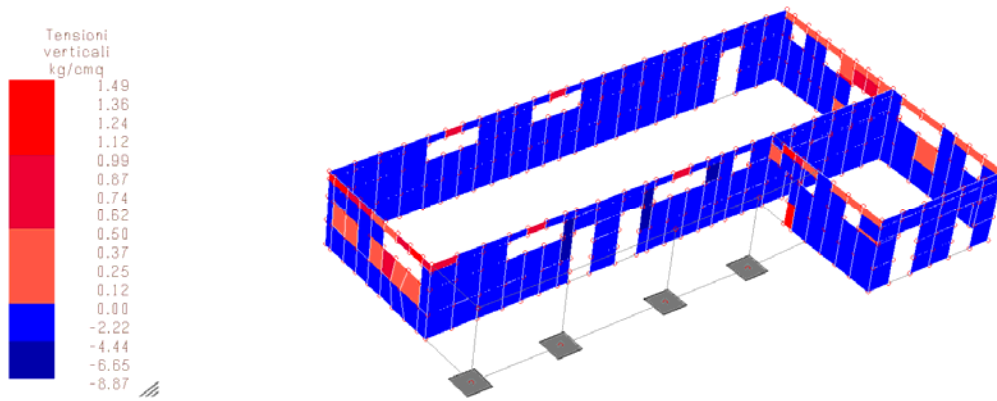
DEFORMAZIONI ASSOLUTE



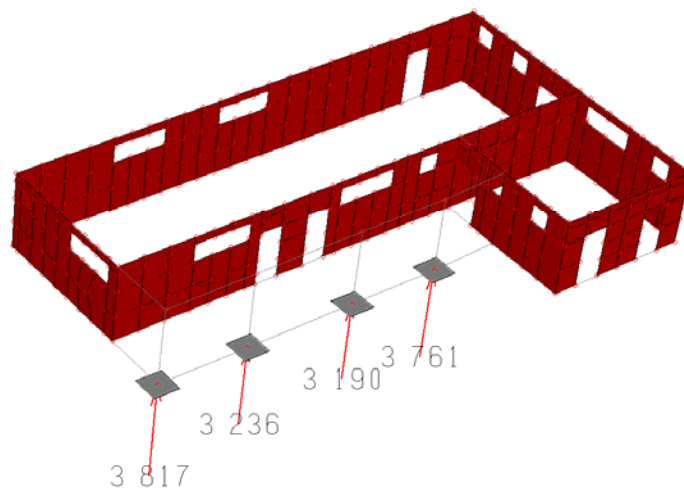
TENSIONI VERTICALI



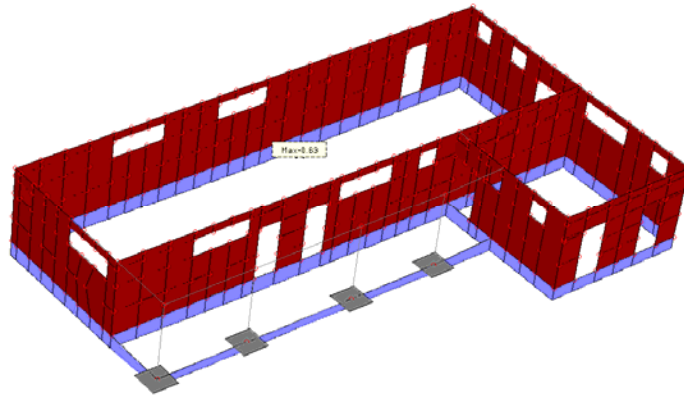
TENSIONI ORIZZONTALI



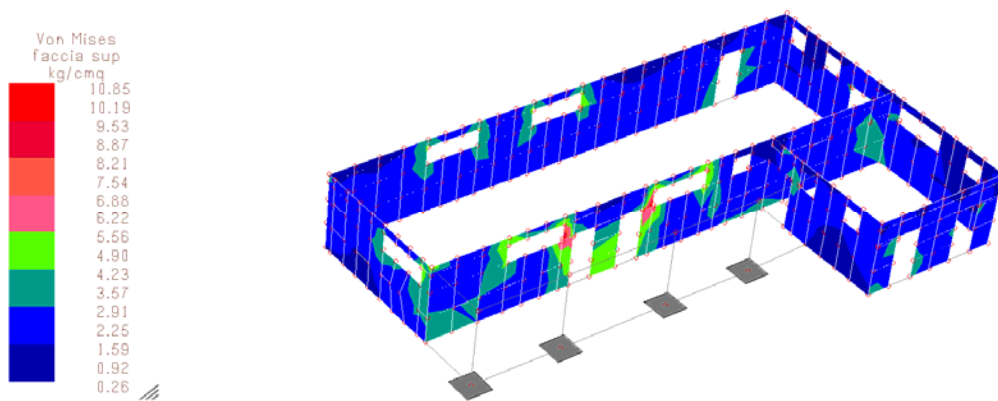
REAZIONI VINCOLARI PLINTI



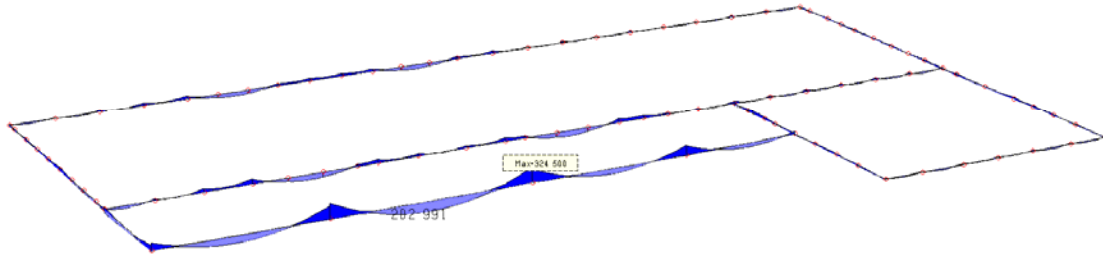
PRESSIONI TRAVI DI FONDAZIONE - SLE



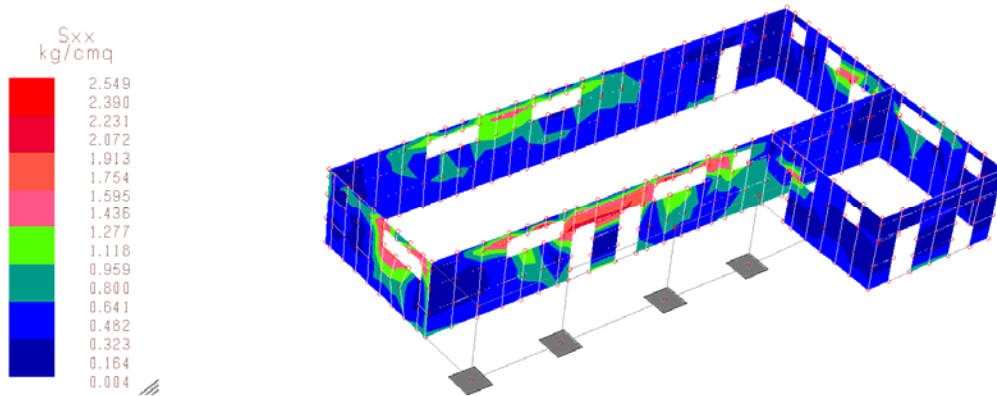
SFORZO FACCIA SUPERIORE



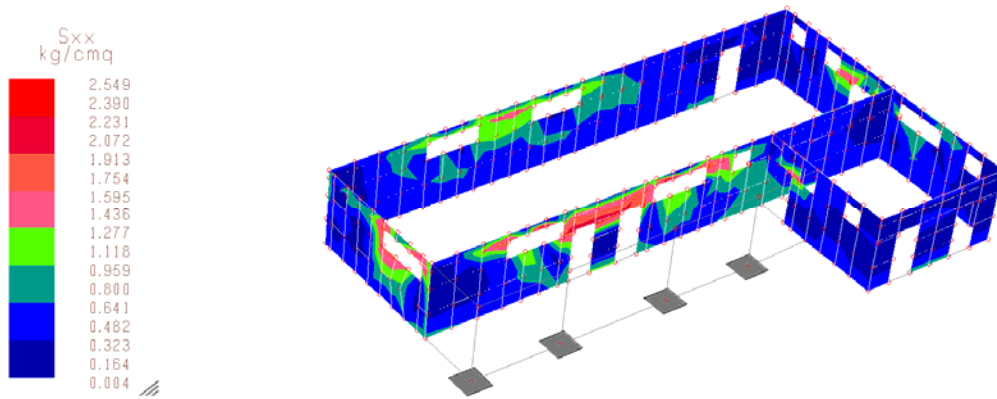
MOMENTO FLETTENTE PIANO PRIMO



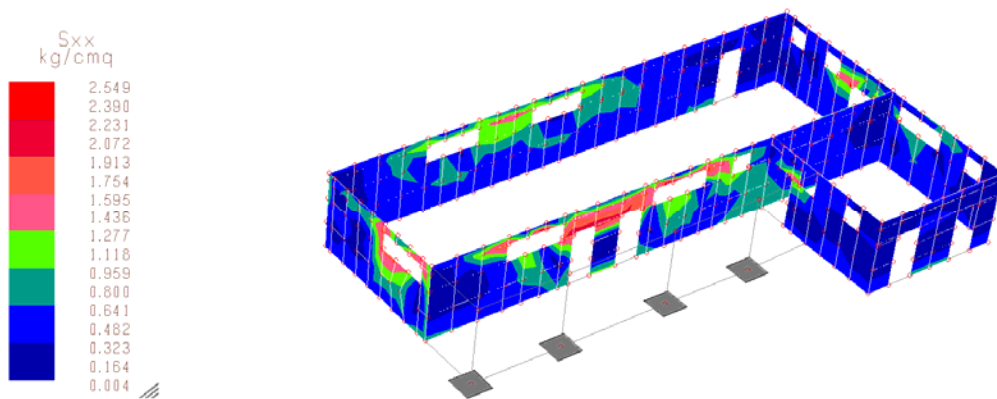
STATO TENSIONALE GUSCI



STATO TENSIONALE GUSCI



STATO TENSIONALE GUSCI



PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA

DESCRIZIONE DELL'ELEMENTO STRUTTURALE: Opere di elevazione in cemento armato

Elementi del sistema edilizio aventi il compito di resistere alle azioni verticali ed orizzontali agenti sulla parte di struttura fuori terra e di trasmetterle alle opere di fondazione.

LIVELLO MINIMO DELLE PRESTAZIONI

- Resistenza ai carichi e alle sollecitazioni previste in fase di progettazione.
- Adeguata resistenza meccanica a compressione.
- Buona resistenza termica ed un'elevata permeabilità al passaggio del vapor acqueo.
- Adeguata resistenza al fuoco.

CARATTERISTICHE MINIME DEI MATERIALI

- Calcestruzzo: Rck minimo: 30 N/mm².

...

MODALITA' DI CONTROLLO

- Controllo visivo atto a riscontrare possibili anomalie che precedano fenomeni di cedimenti strutturali.

PERIODICITA'

- Annuale.

PROBLEMI RISCONTRABILI

- Insorgere di efflorescenze o comparsa di muffe.
- Formazione di fessurazioni o crepe.
- Corrosione delle armature.
- Disgregazione o deterioramento del cemento con conseguente perdita degli aggregati.
- Movimenti relativi fra i giunti.
- Formazioni di bolle d'aria.

POSSIBILI CAUSE

- Alternanza di penetrazione e di ritiro dell'acqua.

TIPO DI INTERVENTO (in ogni caso consultare preventivamente un tecnico strutturale).

- Riparazioni localizzate delle parti strutturali.
- Ripristino di parti strutturali in calcestruzzo armato.
- Protezione dei calcestruzzi da azioni disgreganti,
- Protezione delle armature da azioni disgreganti.

STRUMENTI ATTI A MIGLIORARE LA CONSERVAZIONE DELL'OPERA

- Vernici, malte e trattamenti speciali.
- Prodotti contenenti resine idrofuganti e altri additivi specifici.

DESCRIZIONE DELL'ELEMENTO STRUTTURALE: Opere orizzontali o inclinate in cemento armato.

Elementi del sistema edilizio aventi il compito di resistere alle azioni verticali e di trasmetterle alle altre parti strutturali ad essi collegate. Fungono da collegamento alle pareti perimetrali.

LIVELLO MINIMO DELLE PRESTAZIONI

- Resistenza ai carichi e alle sollecitazioni previste in fase di progettazione.
- Buona resistenza termica.
- Coibenza acustica soddisfacente.
- Adeguata resistenza al fuoco.

CARATTERISTICHE MINIME DEI MATERIALI

- Calcestruzzo: Rck minimo: 30 N/mm².
- ...

MODALITA' DI CONTROLLO

- Controllo visivo atto a riscontrare possibili anomalie che precedano fenomeni di cedimenti strutturali.

PERIODICITA'

- Annuale.

PROBLEMI RISCONTRABILI

- Insorgere di efflorescenze o comparsa di muffe.
- Formazione di fessurazioni o crepe.
- Corrosione delle armature.
- Disgregazione o deterioramento del cemento con conseguente perdita degli aggregati.
- Movimenti relativi fra i giunti.
- Formazioni di bolle d'aria.

POSSIBILI CAUSE

- Anomalie incrementi dei carichi da sopportare.

TIPO DI INTERVENTO (in ogni caso consultare preventivamente un tecnico strutturale).

- Riparazioni localizzate delle parti strutturali.
- Ripristino di parti strutturali in calcestruzzo armato.
- Protezione dei calcestruzzi da azioni disgreganti,
- Protezione delle armature da azioni disgreganti.

STRUMENTI ATTI A MIGLIORARE LA CONSERVAZIONE DELL'OPERA

- Vernici, malte e trattamenti speciali.
- Prodotti contenenti resine idrofuganti e altri additivi specifici.

DESCRIZIONE DELL'ELEMENTO STRUTTURALE: Opere di fondazione

Elementi del sistema edilizio atti a trasmettere al terreno le azioni esterne e il peso proprio della struttura

LIVELLO MINIMO DELLE PRESTAZIONI

- Resistenza ai carichi e alle sollecitazioni previste in fase di progettazione.

MODALITA' DI CONTROLLO

- Controllo visivo atto a riscontrare possibili anomalie che precedano fenomeni di cedimenti strutturali.

PERIODICITA'

- Annuale.

PROBLEMI RISCONTRABILI

- Formazione di fessurazioni o crepe.
- Corrosione delle armature.
- Disgregazione del copriferro con evidenza barre di armatura

POSSIBILI CAUSE

- Alternanza di penetrazione e di ritiro dell'acqua.

TIPO DI INTERVENTO (in ogni caso consultare preventivamente un tecnico strutturale).

- Riparazioni localizzate delle parti strutturali.
- Ripristino di parti strutturali in calcestruzzo armato.
- Protezione dei calcestruzzi da azioni disgreganti.
- Protezione delle armature da azioni disgreganti.

STRUMENTI ATTI A MIGLIORARE LA CONSERVAZIONE DELL'OPERA

- Vernici, malte e trattamenti speciali.
- Prodotti contenenti resine idrofuganti e altri additivi specifici.

DESCRIZIONE DELL'ELEMENTO STRUTTURALE:

Muratura

Collocazione:

- Vedasi le tavole architettoniche e/o strutturali relative al progetto.

Rappresentazione grafica:

- Vedi disegni esecutivi allegati.

Livello minimo delle prestazioni:

- Tali elementi di fondazione devono sviluppare resistenza e stabilità nei confronti dei carichi e delle sollecitazioni come previsti dal progetto e contrastare l'insorgenza di eventuali deformazioni e cedimenti. Le caratteristiche dei materiali non devono essere inferiori a quanto stabilito nel progetto strutturale.

Anomalie riscontrabili

Attacco biologico

Descrizione:

Presenza di muffe biologiche che si manifestano come un deposito superficiale di microrganismi di colore variabile anche con nascita di vegetazione caratterizzata dalla formazione di muschi e piante lungo la superficie dell'elemento strutturale.

Cause:

Esposizione prolungata all'azione diretta degli agenti atmosferici e a fattori ambientali esterni; infiltrazioni di acqua e/o umidità in microfessure o cavità presenti sulla superficie dell'elemento.

Effetto:

Degrado generalizzato dell'elemento strutturale; possibile creazione di crepe e fessure.

Valutazione: Lieve

Risorse necessarie: Interventi specifici di pulizia; malte; stucchi; opere provvisorie; attrezzature manuali.

Esecutore: Ditta specializzata

Deterioramento

Descrizione: Deterioramento degli elementi artificiali o naturali per esposizione agli agenti atmosferici che si può presentare con erosione e sgretolamenti superficiali, fessurazioni, decolorazione o presenza di macchie di varia natura.

Cause:

Agenti atmosferici; ammaloramenti; minime sollecitazioni meccaniche esterne.

Effetto:

Calo della durabilità, riduzione della stabilità della parete.

Valutazione:

Moderata

Risorse necessarie:

Attrezzature manuali, nuovi componenti, stucchi, malte.

Esecutore:

Ditta specializzata

Disgregazione giunti**Descrizione:**

Disgregazione e degrado degli strati dei giunti di malta rilevabili con distacchi o erosione di materiale, piccole crepe e cambiamenti di colorazione.

Cause:

Ammaloramenti; minime sollecitazioni meccaniche esterne; agenti atmosferici eterni; fattori ambientali.

Effetto:

Esposizione eccessiva all'azione degli agenti atmosferici; incremento degli ammaloramenti fino alla creazione di vere e proprie lesioni con perdita di stabilità dell'elemento strutturale.

Valutazione:**Grave****Risorse necessarie:**

Attrezzature manuali, stucchi, malte, trattamenti specifici.

Esecutore:

Utente

Lesioni**Descrizione:**

Rotture che si manifestano con l'interruzione del tessuto strutturale dell'elemento, sia negli elementi artificiali o naturali che nei giunti di malta.

Cause:

Le lesioni e le rotture si manifestano quando lo sforzo a cui è sottoposto l'elemento strutturale supera la resistenza corrispondente del materiale; cedimenti strutturali e/o del terreno; eccessive deformazioni.

Effetto:

Perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale e della struttura in generale.

Valutazione:**Grave****Risorse necessarie:**

Attrezzature manuali, nuovi componenti, rinforzi, stucchi, malte, trattamenti specifici, opere provvisorie.

Esecutore:

Ditta specializzata

Umidità**Descrizione:**

Presenza di chiazze o zone di umidità, generalmente in aree dell'elemento in prossimità del terreno e/o delle fondazioni.

Cause:

Esposizione prolungata all'azione diretta degli agenti atmosferici e a fattori ambientali esterni; presenza di microfratture, screpolature o cavità sulla superficie dell'elemento che agevolano l'assorbimento di acqua.

Effetto:

Ammaloramento degli elementi costituenti la muratura con perdita, nel tempo, delle caratteristiche di durabilità e di resistenza con probabile nascita di altre anomalie.

Valutazione:**Grave****Risorse necessarie:**

Prodotti specifici; malte; stucchi; opere provvisorie; attrezzature manuali.

Esecutore:

Ditta specializzata

Informazioni integrative sull'uso dei codici di calcolo

Titolo del codice di calcolo: MasterSap;

Autore, produttore e distributore: AMV s.r.l., via San Lorenzo 106, 34077 Ronchi dei Legionari (Go);

AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 17.01.2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore Studio Software AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine. Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di *Lanczos* noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria *LAPACK*.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

È importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per il c.a., acciaio, legno, alluminio, muratura etc.

Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidezza del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposto a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.

VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIONE MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA'

Il programma di calcolo utilizzato MasterSap è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste.

Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione.

E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati.

Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate della Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza.