

SINTESI del vademecum

Capitolo 10.2 delle NTC08

VADEMECUM

ALLA COMPILAZIONE DELLA RELAZIONE DI CALCOLO IN CONFORMITA' AL CAPITOLO 10.2 DELLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC2008)

Versione 1.1 – Giugno 2010

SINTESI(*)



() La versione completa è scaricabile cliccando qui e compilando il form di informazioni*

http://www.cspfea.net/richiesta_informazioni.html?richiesta=relazionecalcolo



CSPFea s.c. – Tutti i diritti riservati - www.cspfea.net

Il documento è liberamente riproducibile e/o citabile solo se ne viene citata la fonte con la seguente dicitura

“Fonte: CSPFea s.c. – www.cspfea.net”

Il Capitolo 10.2, nel porre l'obiettivo della comprovazione della validità dei risultati, suggerisce due metodi: la verifica dell'affidabilità dei risultati e la corretta presentazione degli stessi. Nei riferimenti che compariranno in seguito si confronti in appendice il Testo comparato tra le NTC2008 e la Circolare 617/2009.

A tal fine, per la verifica dell'affidabilità dei risultati il Progettista viene guidato attraverso una serie di punti (a-c) nei quali egli prende conoscenza degli strumenti software e delle analisi affrontate e termina (f) con l'esame e il controllo dei risultati, nonché con una accettazione degli stessi.

La corretta presentazione dei risultati viene invece affrontata in (e), elencando le modalità di presentazione degli stessi.

Il Progettista fornisca indicazioni sul proprio livello di accreditazione all'uso di strumenti software utilizzando le seguenti linee guida:

Accreditamento dell'utilizzatore di programmi: Check list	
Titolo di studio con un grado di laurea adeguato al tipo di analisi	<input checked="" type="checkbox"/>
Esercitazioni/Istruzione negli aspetti della modellazione strutturale e nell'uso dei Programmi di Calcolo posseduti; le esercitazioni/Training possono essere sia formali, mediante Corsi, che informali, ovvero sul posto di lavoro con affiancamento a un supervisore competente o mediante l'approfondita consultazione di manuali e tutorials; in quest'ultimo caso dovrebbe esserci sempre un ricorso alla consulenza di un consulente esperto	<input checked="" type="checkbox"/>
Capacità, per ogni problematica incontrata, di effettuare analisi comparative basate su esperienza del reale comportamento fisico ed esperienza su problemi analoghi	<input checked="" type="checkbox"/>

In ottemperanza al Punto a) del Cap. 10.2

il Progettista riassume le caratteristiche salienti del problema da risolvere e definisce il tipo di analisi. Il Progettista inoltre fornisce spiegazioni circa:

Descrizione fisica del problema: Check list	
Struttura da analizzare: geometria di base, materiali e metodo di costruzione, giunti e caratteristiche strutturali speciali, strutture di accoppiamento e/o appoggi e/o fondazioni, condizioni di contorno, scopo dell'analisi, fonti autentiche dei dati	<input checked="" type="checkbox"/>
Natura del problema da risolvere (ex 10.2.a1): Analisi lineare/non lineare statica, analisi di deformabilità, modale-spettrale, risposta quasi-lineare o non lineare dinamica, impatto, termica, natura dei risultati e/o soluzioni speciali richieste	<input checked="" type="checkbox"/>
Natura delle Azioni esterne – fonti autentiche dei dati (ex 10.2.a4): spostamenti imposti e condizioni di contatto, sistemi di carico (forze fisse o sistemi follower), forze inerziali, condizioni ambientali, etc.	<input checked="" type="checkbox"/>

In ottemperanza al Punto b), del Capitolo 10.2

Il Progettista fornisca informazioni sulle caratteristiche del software adottato per i calcoli e le verifiche.

Caratteristiche del software: Check list	
Origine del prodotto, autore, produttore	<input checked="" type="checkbox"/>
Versione	<input checked="" type="checkbox"/>
Estremi della licenza d'uso	<input checked="" type="checkbox"/>
Descrizione delle basi teoriche allegando il Manuale teorico o fornendone indicazioni sull'accesso (via web o su altri supporti)	<input checked="" type="checkbox"/>
Documento di descrizione dei campi di impiego (cfr. esempio in Appendice 2)	<input checked="" type="checkbox"/>
Documento riassuntivo dei casi prova a supporto della validazione del software fornendone indicazioni sull'accesso (via web o su altri supporti) dell'intera libreria e dei relativi modelli numerici	<input checked="" type="checkbox"/>

In ottemperanza al Punto c), del Capitolo 10.2

Il Progettista fornisca informazioni sull'esame dell'affidabilità ed idoneità del software adottato per i calcoli e le verifiche, riportando anche i seguenti documenti.

Esame di idoneità e affidabilità del software: Check list	
Certificazione di Qualità ex ISO9000 o equivalenti certificazioni	<input checked="" type="checkbox"/>
Descrizione sintetica sulle procedure di produzione (sviluppo) del software adottate dal produttore (cfr. esempio in Appendice 3)	<input checked="" type="checkbox"/>
Descrizione sintetica sulle procedure di gestione degli errori (software bug) adottate dal produttore (cfr. esempio in Appendice 3)	<input checked="" type="checkbox"/>

In ottemperanza al Punto f), del Capitolo 10.2

Il Progettista specifichi i criteri di modellazione adottati, in particolare¹:

Modellazione del problema: Check list	
Definizione chiara delle scelte sulla modellazione di assi, fili fissi, bordi di travi, solette, strutture	<input checked="" type="checkbox"/>
Controllo di adeguatezza sulla scelta di continuità di linee e superficie, pendenze, offset, gradini per variazioni di livello	<input checked="" type="checkbox"/>
Coerenza di curve polinomiali adottate per descrivere geometrie, specie in adiacenza tra loro	<input checked="" type="checkbox"/>
Definizione della Mesh seguendo: le principali membrature variazione di spessori, sezioni, materiali direzioni principali di tensioni/sollecitazioni	<input checked="" type="checkbox"/>
Regolarità della mesh 2D e 3D mediante lo Jacobiano, il rapporto di distorsione, le proporzioni tra i lati e tra gli angoli	<input checked="" type="checkbox"/>
Continuità della mesh per coincidenza dei nodi della mesh	<input checked="" type="checkbox"/>
Scelta degli Elementi per: adeguata rappresentazione della geometria e di comportamenti strutturali attesi; comprovato comportamento in casi già risolti; posizione e numero di punti Gauss/nodi sui quali leggere i valori di output; comprensibilità e utilità dei valori di output.	<input checked="" type="checkbox"/>
Scelta della Proprietà degli elementi al fine di: includere tutti i potenziali effetti strutturali; effetto dei disassamenti rispetto agli assi naturali; ammissibilità degli effetti nello spessore degli elementi; eventuale flessibilità dei giunti di costruzione; rappresentazione degli effetti di dettagli minori; corretta proprietà dei materiali nell'ambito di tensioni/deformazioni previste dall'analisi.	<input checked="" type="checkbox"/>
Coerenza di unità di misura tra i dati inerziali (masse) e il modello idealizzato	<input checked="" type="checkbox"/>
Vincoli esterni coerenti col problema, sufficienti a vincolare la struttura, coerenti con presenza di giunti e speciali comportamenti attesi dalla struttura	<input checked="" type="checkbox"/>
Coerenza dei vincoli cinematici e delle condizioni di piano rigido	<input checked="" type="checkbox"/>

¹ Si Confronti [1]

In ottemperanza al Cap. 10.2, Paragrafo “Giudizio motivato di accettabilità dei risultati”

il progettista fornisca controlli sul modello di calcolo, in particolare²:

Controlli su carichi e masse	
Corrispondenza dei carichi applicati con le Norme e con quanto previsto dal progetto;	<input checked="" type="checkbox"/>
Correttezza dei valori e delle unità di misura adottati per le costanti di materiale (Young, Poisson, limite di snervamento, valori caratteristici e valori di progetto da Normativa, etc.	<input checked="" type="checkbox"/>
Rispondenza tra carichi (e il loro totale) e reazioni vincolari (e il loro totale)	<input checked="" type="checkbox"/>
Il peso complessivo (per i vari casi di carico) valutato in maniera indipendente, deve uguagliare le corrispondenti reazioni vincolari complessive calcolate dal software	<input checked="" type="checkbox"/>
Per ogni piano del fabbricato: il peso “sismico” (valutato con calcoli alternativi) deve essere ingegneristicamente uguale alla massa sismica (calcolata dal software) moltiplicata g (accelerazione di gravità)	<input checked="" type="checkbox"/>
Rispondenza tra l'entità delle azioni interne (M, N, T) sulle membrature e i carichi applicati;	<input checked="" type="checkbox"/>

Controlli per deformate e spostamenti	
Correttezza delle dimensioni degli elementi resistenti, delle luci di calcolo degli elementi, degli spessori, dei momenti di inerzia e delle aree, dei fattori di taglio;	<input checked="" type="checkbox"/>
Coerenza tra gli schemi adottati nel modello e quelli adottati nel progetto, in particolare vincoli e svincoli/rilasci;	<input checked="" type="checkbox"/>
Coerenza tra analisi e verifica rispetto alla scelta di considerare (o meno) la rigidità torsionale delle travi e, delle conseguenti verifiche a torsione ³	<input checked="" type="checkbox"/>
Valutazione di credibilità degli spostamenti ottenuti nella soluzione;	<input checked="" type="checkbox"/>
Controllo della forma globale della struttura deformata e validazione di tutte le discontinuità e sconnessioni (se volute o meno);	<input checked="" type="checkbox"/>
Congruenza tra deformata del modello e vincoli strutturali cinematici di progetto;	<input checked="" type="checkbox"/>
Rispetto di simmetrie e/o regolarità se previste dalla teoria;	<input checked="" type="checkbox"/>

² Si confronti [2]

³ Si confronti il Capitolo 4.9.2 di [4]

Controlli per tensioni/sollecitazioni	
Controllo sulle tensioni per mezzo di schemi semplificativi, ma indipendenti dal modello di calcolo, anche mediante analogie come strumento critico;	☑
Controllo dei residui e degli scarti tra gli elementi;	☑

Controlli per Modelli per Analisi Dinamica Lineare	
Discretizzazione degli elementi beam sufficiente a cogliere le forme modali attese, con attenzione agli elementi orizzontali se si considerano le masse verticali	☑
Discretizzazione degli elementi Plate e Wall sufficiente a cogliere correttamente le forme modali di pareti di taglio e (nel caso di masse verticali) dei piani orizzontali	☑
Considerazioni adeguate sulla discretizzazione e distribuzione delle masse sugli elementi finiti	☑
Considerazioni sulla valutazione del Modulo di rigidità ⁴ del calcestruzzo a flessione (sezioni fessurate) e a torsione (laddove non si proceda a verifiche apposite dell'armatura)	☑
Considerazioni sull'uso di elementi Wall da usarsi in caso di pareti di taglio sufficientemente snelle lungo l'altezza del fabbricato	☑
Considerazioni sulla quota dell'edificio a partire dalla quale considerare gli effetti sismici (in caso ad es. di edifici con interrato)	☑
Giustificazioni sull'uso dell'idealizzazione di piano rigido; ricorso ad un diaframma flessibile in casi di necessità (es. particolari forme irregolari della pianta, caso di solette con tecnologia di precompressione)	☑
Giustificazione sulla modellazione di rampe di scale connesse ai solai e sulla adeguata progettazione delle connessioni	☑
Giustificazione sui criteri di modellazione dei pannelli murari di tamponamento (lineari/non lineari, rigidità e sezioni equivalenti, elementi finiti utilizzati) e sull'idealizzazione delle aperture	☑
Giustificazione sull'idealizzazione del terreno di fondazione (incastro alla base o ricorso uso di molle in direzione verticale, vincolo/libertà agli spostamenti orizzontali, scelta delle costanti elastiche, etc.), considerazione sull'incremento del periodo (favore/sfavore sicurezza) dato dal considerare la flessibilità del terreno	

⁴ Si confronti il Cap. 4.9 di [4]

Controllo Risultati per Analisi Dinamica Lineare	
Controllo della percentuale (>85%) delle masse partecipanti estratte, mediante il controllo delle Tabelle riportanti la % della massa partecipante con il relativo fattore di partecipazione	☑
Il periodo del primo modo, valutato dal software, deve essere comparabile con il periodo fondamentale valutato con formule di Normativa valide per analisi statiche equivalenti (es. $T_0=0.075H^{3/4}$). Casi diversi devono trovare adeguata giustificazione ⁵ .	☑
Individuazione di modi “irrilevanti”, ovvero di importanza minore (locali), e di modi “spuri”, ovvero dipendenti da problemi di mesh o da sottosistemi disaccoppiati (es. mensole) o travi appoggiate modellate con due soli elementi beam, indice che evidenzia la necessità di adottare un modello diverso da quello adottato per le analisi statiche.	☑
Individuazione dei modi “doppi” (con uguale periodo) per strutture aventi simmetrie e verifica che il modello/solutore sia in grado di individuarli correttamente	☑
Controllo che tagli alla base dell’edificio, ottenuti dall’Analisi Dinamica Lineare, siano confrontabili ingegneristicamente con i medesimi tagli ottenuti mediante una Analisi Sismica Statica Equivalente.	☑
Controllo che i tagli complessivi alla base dell’edificio, ottenuti dall’analisi sismica, lungo X e lungo Y, siano coincidenti (a meno delle masse partecipanti ai modi trascurati).	☑
Controllo di eventuali labilità (o “quasi” labilità), anche localizzati su parti della struttura e nascosti all’analisi statica, verificando l’esistenza di modi con periodi molto elevati, indagando le corrispondenti forme modali	☑
Verifica che il metodo iterativo di estrazione degli autovalori vada a convergenza rispettando una norma di valore molto basso (OdG suggerito: 1E-10)	☑
Verifica di forme modali bruscamente discontinue, indice di bruschi salti di massa e/o rigidità, segnale di modellazione non sufficientemente accurata	☑
Controllo della perdita di autovalori nel processo numerico di estrazione degli stessi, avvalendosi ad esempio del metodo numerico basato sul controllo di sequenza di Sturm	☑

⁵ Si confronti il Cap. 8.4 di [3]

APPENDICE 1: Bibliografia

- [1] NAFEMS (National Agency for the Finite Element Methods and Standards): **NAFEMS Guidelines to Finite Element Practice**. Glasgow, 1992. ISBN 0 903640 16 3
- [2] P. Rugarli: **Calcolo strutturale con gli elementi finiti**. EPC Libri, Roma, 2004. ISBN 88-8184-295-5
- [3] P. Rugarli: **Analisi modale ragionata**. EPC Libri, Roma 2005. ISBN 88-8184-382-X
- [4] M. Fardis: **Seismic design, assesment and retrofitting of concrete buildings**. Springer Media B.V., 2009. ISBN 978-1-4020-9841-3
- [5] G.A.Rombach: **Finite element design of concrete structures**. Thomas Telford, London 2004. ISBN 0 7277 3274 9
- [6] Perretti, Ghersi, Sattamino, Brenna: **La validazione del calcolo strutturale eseguito con computer**. Maggioli Editore, 2007. ISBN 9 788838 736728

APPENDICE 2: Esempio di Documento di Individuazione dei campi di impiego

Simultaneously used analysis types	Gen./Civil	Linear Static	Eigenvalue	Response Spectrum	Time History		P-Delta	Buckling	Moving Load	Settlement
					Linear	Nonlinear				
Linear Static	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Eigenvalue	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Response Spectrum	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Time History (Linear)	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Time History (Nonlinear)	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
P-Delta	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Buckling	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Moving Load	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Settlement	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pushover	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Geometric Nonlinear	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Geometric Nonlinear (Init. Force for G.S.)	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Material Nonlinear	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Construction Stage (Linear)	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Construction Stage (Nonlinear)	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Heat of Hydration	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PSC	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Composite	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Boundary Change Load Case	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Simultaneously used analysis types	Pushover	Nonlinear			Construction Stage		Heat of Hydration	PSC th (Tendon, Static)	Composite th (Static)	Boundary Change Load Case
		Geometric	Geometric (Init. Force for G.S.)	Material	Linear	Nonlinear (Indep. Acc sm.)				
Linear Static	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Eigenvalue	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Response Spectrum	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Time History (Linear)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Time History (Nonlinear)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
P-Delta	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Buckling	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Moving Load	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Settlement	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pushover	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Geometric Nonlinear	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Geometric Nonlinear (Init. Force for G.S.)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Material Nonlinear	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Construction Stage (Linear)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Construction Stage (Nonlinear)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Heat of Hydration	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PSC	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Composite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Boundary Change Load Case	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

APPENDICE 3: Esempio di Procedure di Qualità e Bug Report (rif. MIDAS IT)

