



Amministrazione comunale di Recanati

Comune di Recanati (MC)

PALAZZO MUNICIPALE

LAVORI DI PRONTO INTERVENTO ED OPERE DI MESSA IN SICUREZZA STATICA E SISMICA DEL PALAZZO COMUNALE DI RECANATI A SEGUITO DEGLI EVENTI SISMICI 2016 - 1° STRALCIO



PROGETTO ESECUTIVO (1° STRALCIO)

RELAZIONE DI CALCOLO - RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E SUI MATERIALI

Progettista Architettonico:

- ARCH. JESSICA TARDUCCI

Progettista Strutturale:

- ING. ANDREA SCHIAVONI

con

- ING. FRANCESCO CANTARINI

FASC. N.

C

DATA

Aprile 2017

Sommario

1.	Descrizione generale dell'opera.....	2
2.	Presidi esistenti.....	2
3.	Descrizione generale dell'intervento	3
4.	Descrizione lavori dello stralcio.....	4
5.	Normative di riferimento	4
6.	Criteri per la misura della sicurezza	5
7.	Azioni agenti e loro combinazioni	6
8.	Azioni Ambientali e naturali.....	8
9.	Analisi dei carichi sulla struttura.....	21
10.	Fattore di confidenza	26
11.	Relazioni sui materiali – Materiali e Resistenze di calcolo	27
12.	Metodologia di calcolo	48
13.	Prestazioni attese al collaudo.....	48
14.	Software di calcolo utilizzati	49

1. Descrizione generale dell'opera

L'intervento in oggetto consiste nella messa in sicurezza del palazzo comunale di Recanati a seguito degli eventi sismici del 2016 .

L'edificio è localizzato in Recanati tra via C.Battisti e Piazzale Leopardi .

La tipologia dell'intervento ricade nelle lavorazioni di cui al punto 8.4.2. (Intervento di miglioramento) del D.M. 14/01/2008 anche sulla scorta delle norme di tutela cui è assoggettato ai sensi del DM 42/2004 .

Il volume, a forma di parallelepipedo composto a base poligonale a C , possiede in pianta le dimensioni massime di m 76 x 33, i bracci possiedono una larghezza di m 7.40 e 20 m, il corpo centrale di m 20.

L'altezza risulta sul prospetto di piazza Leopardi pari m 20, sulla strada di circonvallazione di via Battisti di circa m 30. Il numero di piani complessivo risulta pari a 5 oltre al sottotetto. La struttura portante verticale è costituita da muratura in mattoni pieni a più teste, uniti con malta di calce idrata. Gli orizzontamenti sono costituiti prevalentemente da solai in legno e volte in camorcanna ed in muratura (prevalentemente in foglio (spessore 6-6,5 cm) e di coltello (13-14 cm): in alcune piccole porzioni sono stati realizzati solaio in c.a. (vedi sottotetto). La copertura è costituita da un sistema integrate di capriate in legno del tipo composto e del tipo palladiano con manto in pannelle e coppi. Le fondazioni del tipo diretto si approfondiscono per circa 3,50 dal piano di via C.Battisti con appoggio su coltre , il piano su tre livelli della piazza presumibilmente possiede un appoggio su sabbie cementate per una profondità stimata in via preliminare di m 2,00 -2,50 (si ipotizza una realizzazione a gradoni vista la configurazione del complesso) .

2. Presidi esistenti

Dall'epoca della sua costruzione il Municipio ha subito interventi di modesta entità con rinforzi locali puntuali sulle strutture delle coperture ed irrigidimenti parziali di alcuni solai di piano in c.a. su porzioni del terzo livello: nel 1995 è stato realizzato un ascensore in acciaio.

Nel 2003 sono stati eseguiti dei lavori finalizzati al miglioramento sismico per un importo di € 345.408,00 circa consistenti nella ricostruzione di appoggi di capriate fatiscenti attraverso il taglio delle parti ammalorate l'inserimento di barre in resina con la ricostruzione dell'elemento tramite beton epossidico, cordolatura in acciaio di porzione del sottotetto, della sala degli stemmi con rinforzo del solaio di piano e del sottostante salone, scuci cuci in alcune zone con chiusura di alcune nicchie, riparazione delle lesioni del controsoffitto in canna e gesso sopra lo scalone d'ingresso al Museo B. Gigli, che aveva manifestato parziali crolli a seguito dell'evento sismico del 1997 , stuccatura delle connessioni delle volte ed archi, previo inserimento di cunei in legno oltre alle opere di finitura connesse .

A seguito del sisma del 24 agosto 2016 si sono resi necessari alcuni puntellamenti delle zone a rischio crollo con interventi su archi e volte (zona ala nord piano primo, secondo sottostrada e piano terra), puntellamenti in acciaio localizzati in corrispondenza di alcune piattabande fortemente lesionate per un importo di lavori in corso di contabilizzazione che comunque si aggirano sui € 200.000,00.). L'efficacia dei presidi è risultata sostanzialmente positiva (sia quelli del 2000 che del 2016) in quanto hanno sicuramente evitato danni più estesi . Il sistema di cordoli in acciaio è stato inserito nel modello di calcolo dello stato modificato ed attuale .

3. Descrizione generale dell'intervento

Dal rilievo geometrico , da alcune indagini dirette eseguite sul fabbricato e dall'analisi visiva sono emerse in maniera evidente le criticità manifestatesi in corrispondenza degli eventi sismici del 2016 che sono costituite dall'insorgere di un sistema significativo di lesioni sui paramenti verticali , sugli archi ed architravi e sugli orizzontamenti (volte) .

Tale quadro è in linea con quanto rilevato dalla protezione civile che ha redatto attraverso i tecnici incaricati la scheda AEDES in data 4/11/2016 integrata da una nota in cui sono stati suggerite le operazioni da eseguire : sinteticamente inserimento di catene ai vari livelli (anche attraverso carotaggi) ed opere di puntellamento e di protezione degli elementi in camorcanna o soffitto a cassettoni .

Tali indicazioni sono state recepite nel progetto di miglioramento e messa in sicurezza ed integrate anche sulla scorta di indagini più accurate e di verifiche numeriche puntuali -

L'intervento si configura come miglioramento statico e sismico e nella verifiche sono state approntate le seguenti procedure:

verifica allo stato attuale con software PCM con individuazione dei cinematismi possibili (sono stati studiati 32 cinematismi complessivi) , verifica con PCM allo stato modificato con gli interventi proposti (catene e tiranti) con raggiungimento del livello di sicurezza prevista dalla normativa .

Oltre agli interventi di miglioramento sismico , durante le fasi di indagini (come sopra rilevato) , sono state rilevate ulteriori criticità connesse agli orizzontamenti (volte) causate dagli eventi sismici : in particolare si è denotato un diffuso sistema fessurativo sulle volte sia in intradosso che estradosso (con nesso di causalità all'evento sismico) .

La verifica diretta (limitata ad una porzione con sondaggio) ha inoltre evidenziato sull'aula magna un solaio di calpestio così descrivibile : volte in foglio a crociera dello spessore di cm 6 , soprastante muricci in mattoni di altezza variabile , correntini in legno delle dimensioni mm 80x40 , soprastante tavolato dello spessore di mm 25-30 e pavimentazione in parquet .

Dal sopralluogo tecnico dei tecnici della protezione civile è evidente che questo aspetto non poteva essere rilevato in quanto frutto di indagine diretta successiva .

Il progetto pertanto è stato modulato prevedendo interventi così riassumibili :

inserimento di catene tradizionale del diametro di mm 20 e tiranti con tessuto in fibra di acciaio galvanizzato tipo ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 201 fissati su una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/m² -. – avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 2%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mmq; n° trefoli per cm = 1,57, (si è optato per un sistema di tiranti posizionati sul sottotetto ed in corrispondenza del piano S1) e diaconi di collegamento . Non si è ricorso ai carotaggi (tiranti ai piani S1 ed S2) visto che non sono state eseguite indagini geologiche sulla piazza e quindi non sono note le caratteristiche dei terreni , cuciture degli archi lesionati ed inserimento sulle piattabande di elementi di protezione ,rinforzi con tessuto in fibra di acciaio galvanizzato su microrete sulle volte a crociera in foglio del porticato ,rinforzi con tessuto in fibra di acciaio galvanizzato su microrete sulle volte a crociera in foglio e diaconi di collegamento previo smontaggio dei muricci , correnti e tavolato in corrispondenza dell'aula magna e locali adiacenti , inserimento di solai in acciaio in appoggio sui muri delle volte a crociera (aula magna e stanze adiacenti) ancorati ai muri perimetrali ed opere di completamento . Quest'ultima operazione , come riportato nelle prescrizioni delle tavole di progetto , deve essere svolta con cautela con riferimento particolare alla operazione di rimozione dei muricci esistenti e successiva pulitura estradossale delle volte .

4. Descrizione lavori dello stralcio

Come indicato nella relazione generale il presente progetto riguarda solo la realizzazione di una parte degli interventi che consistono in :

incatenamenti su parte del piano sottotetto

messa in sicurezza delle piattabande esterne e delle decorazioni lapidee

scuci e cucì di porzioni di murature afferenti alle lavorazioni sopra indicate .

5. Normative di riferimento

Il progetto viene redatto nel rispetto delle Norme contenute in :

- Legge n. 1086 del 5 novembre 1971.
- Legge n. 64 del 2 febbraio 1974.
- D.Lgs. 06/06/2001 n. 380 'Testo Unico per l'Edilizia'
- Legge 17/07/2004 n. 186
- D.M. 14/01/2008 'Norme Tecniche per le Costruzioni'

- 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".
- OPCM 3274 del 20/03/2003 e s.m.i

Le verifiche strutturali e l'esecuzione pratica dei singoli elementi strutturali vengono eseguite in conformità a quanto previsto nel D.M. 14/01/2008 'Norme Tecniche per le Costruzioni' e norme vigenti ..

6. Criteri per la misura della sicurezza

La sicurezza della struttura viene misurata, secondo quanto riportato nel D.M.14/01/2008 'Norme Tecniche per le Costruzioni', utilizzando il "metodo dei coefficienti parziali" (§2.3) e verificando che la resistenza di ogni elemento strutturale sia superiore agli effetti indotti su di esso dalle azioni di calcolo.

In particolare, gli stati limite considerati sono quelli connessi al SLU di seguito segnati (§2.2):

Stati limite ultimi (statici e/o sismici):

- perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte;
- spostamenti o deformazioni eccessive;
- raggiungimento della massima capacità di resistenza di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura nel suo insieme;
- raggiungimento della massima capacità di resistenza dei terreni;
- rottura di membrature e collegamenti per fatica;
- rottura di membrature e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- instabilità di parti della struttura o del suo insieme;

Stati limite di esercizio (statici e/o sismici) (verifiche locali):

- danneggiamenti locali (ad es. fessurazione del calcestruzzo) che possono ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- eccessive deformazioni e distorsioni che possono limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- spostamenti e deformazioni che possono compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;

- vibrazioni che possono compromettere l'uso della costruzione;
- danni per fatica che possono compromettere la durabilità;
- corrosione e/o eccessivo degrado dei materiali in funzione dell'ambiente di esposizione;

Per la definizione degli stati limite sopra riportati, per la struttura in oggetto, si utilizzano i seguenti parametri:

1. Vita nominale della struttura (§2.4.1): $V_N = 25$ anni ; (NB – Vita nominale ridotta ai sensi Direttiva DPCM BCC p.to 2.4) – Obbligo di verifica dopo 25 anni del monumento.
2. Classe d'uso della struttura (§2.4.2): Classe IV ;
3. Coefficiente d'uso (§2.4.3): $C_U = 2,0$;
4. Periodo di riferimento dell'azione sismica (§2.4.3): $V_R = 50$ anni ;
5. Categoria del suolo di fondazione (§3.2.2): C.
La classe C è desunta da indagini geologiche reperite in area limitrofa .

7. Azioni agenti e loro combinazioni

Classificazione delle azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo:

- a) Permanenti (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione;
- b) Variabili (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi tra loro nel tempo;
- c) Eccezionali (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura;
- d) Sismiche (E): azioni derivanti dai terremoti.

Caratterizzazione delle azioni elementari:

- Q_k : Valore caratteristico dell'azione variabile (frattile pari al 95%);
- $\psi_1 Q_k$: Valore frequente dell'azione (valore corrispondente al frattile 95% della distribuzione temporale dell'intensità);
- $\psi_2 Q_k$: Valore quasi-permanente dell'azione (media della distribuzione temporale dell'intensità);

- $\psi_0 Q_k$: Valore raro (o di combinazione) dell'azione (valore di durata breve ma ancora significative nei riguardi di una possibile concomitanza con le altre azioni).

Combinazione delle azioni:

- **SLU – Combinazione fondamentale**

$$E_d = \gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \dots + \gamma_{Q1}Q_{1k} + \sum_{i=2,n} (\gamma_{Qi}\psi_{0i}Q_{ki})$$

- **SLE – Combinazione rara**

$$E_d = G_1 + G_2 + \dots + Q_{1k} + \sum_{i=2,n} (\psi_{0i}Q_{ki})$$

- **SLE – Combinazione frequente**

$$E_d = G_1 + G_2 + \dots + \psi_{11}Q_{1k} + \sum_{i=2,n} (\psi_{2i}Q_{ki})$$

- **SLE – Combinazione quasi permanente**

$$E_d = G_1 + G_2 + \dots + \sum_{i=2,n} (\psi_{2i}Q_{ki})$$

- **SLU e SLD – Combinazioni sismiche**

$$E_d = E + G_1 + G_2 + \dots + \sum_i (\psi_{2i} \gamma_{Qi} Q_{ki})$$

I valori dei coefficienti di combinazione sono di seguito riportati:

Tabella 2.5.I

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0i}	Ψ_{1i}	Ψ_{2i}
Categoria A: Ambienti ad uso residenziale	0.7	0.5	0.3
Categoria B: Uffici	0.7	0.5	0.3
Categoria C: Ambienti suscettibili di affollamento	0.7	0.7	0.6
Categoria D: Ambienti ad uso commerciale	0.7	0.7	0.6
Categoria E: Biblioteche, archivi,,magazzini e ambienti ad uso industriale	1.0	0.9	0.8
Categoria F: Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0.7	0.7	0.6
Categoria G: Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0.7	0.5	0.3
Categoria H: Coperture	0.0	0.0	0.0
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0.5	0.2	0.0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0.7	0.5	0.2
Variazioni termiche	0.6	0.5	0.0

Tabella 2.6.I

	Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO

<i>Carichi permanenti</i>	Favorevoli	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
<i>Carichi permanenti non strutturali</i>	Favorevoli	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
<i>Carichi variabili</i>	Favorevoli	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3

8. Azioni Ambientali e naturali

a) Azione del sisma – §3.2 D.M. 14/01/2008 ‘Norme Tecniche per le Costruzioni’

L'azione sismica di progetto è funzione della zona sismica a cui appartiene il sito a cui viene assegnata una determinata accelerazione orizzontale massima convenzionale al suolo di categoria A.

Le azioni di calcolo sono quattro in funzione dello Stato Limite:

- STATI LIMITE DI ESERCIZIO:
 1. Stato limite di operatività (SLO): $P_{Vr} = 81\%$;
 2. Stato limite di danno (SLD): $P_{Vr} = 63\%$;
- STATI LIMITE DI ESERCIZIO:
 3. Stato limite di salvaguardia della vita (SLV): $P_{Vr} = 10\%$;
 4. Stato limite di prevenzione del collasso (SLC): $P_{Vr} = 5\%$;

Le verifiche di sicurezza da effettuare sono riepilogate in funzione della Classe d'uso nella successiva Tab. C7.1.I, in cui si fa riferimento anche al paragrafo che nelle NTC disciplina ciascuna verifica.

Tabella C7.1.I - Verifiche di sicurezza in funzione della Classe d'uso.

SL	Descrizione della prestazione	Riferimento Norme	Classe d'uso			
			I	II	III	IV
SLO	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	§ 7.3.7.2			x	x
	Funzionalità degli impianti	§ 7.3.7.3			x	x
SLD	Resistenza degli elementi strutturali	§ 7.3.7.1			x	x
	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	§ 7.3.7.2	x	x		
	Contenimento delle deformazioni del sistema fondazione-terreno	§ 7.11.5.3	x	x	x	x
	Contenimento degli spostamenti permanenti dei muri di sostegno	§ 7.11.6.2.2	x	x	x	x
SLV	Assenza di martellamento tra strutture contigue	§ 7.2.2	x	x	x	x
	Resistenza delle strutture	§ 7.3.6.1	x	x	x	x
	Duttilità delle strutture	§ 7.3.6.2	x	x	x	x
	Assenza di collasso fragile ed espulsione di elementi non strutturali	§ 7.3.6.3	x	x	x	x
	Resistenza dei sostegni e collegamenti degli impianti	§ 7.3.6.3	x	x	x	x
	Stabilità del sito	§ 7.11.3	x	x	x	x
	Stabilità dei fronti di scavo e dei rilevati	§ 7.11.4	x	x	x	x
	Resistenza del sistema fondazione-terreno	§ 7.11.5.3	x	x	x	x
	Stabilità dei muri di sostegno	§ 7.11.6.2.2	x	x	x	x
	Stabilità delle paratie	§ 7.11.6.3.2	x	x	x	x
Resistenza e stabilità dei sistemi di contrasto e degli ancoraggi	§ 7.11.6.4.2	x	x	x	x	
SLC	Resistenza dei dispositivi di vincolo temporaneo tra costruzioni isolate	§ 7.2.1	x	x	x	x
	Capacità di spostamento degli isolatori	§ 7.10.6.2.2	x	x	x	x

L'azione di calcolo viene dedotta da uno spettro di risposta normalizzato che fornisce l'accelerazione da applicare alle masse $G_k + \sum_i (\Psi_{2i} Q_{ki})$ relative ai carichi gravitazionali presenti sulla struttura.

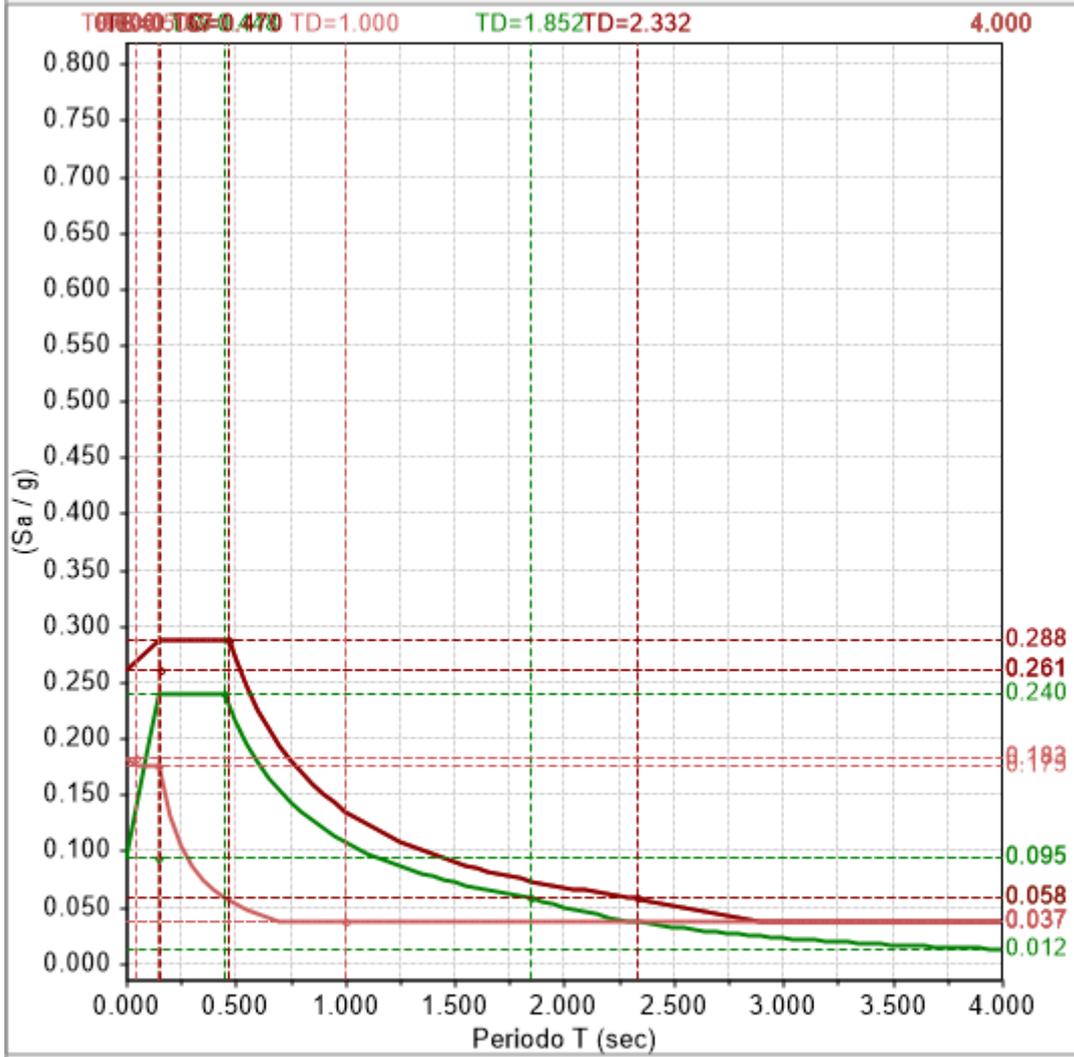
Il D.M. 14/01/2008 'Norme Tecniche per le Costruzioni' fornisce le relazioni matematiche per la definizione degli spettri di risposta elastici e di progetto che variano a seconda degli Stati Limite considerati.

Pericolosità sismica

Definizione della pericolosità sismica di base secondo le NTC 2008 tramite una griglia regolare che copre tutto il territorio nazionale. Nei nodi della griglia l'INGV ha calcolato l'accelerazione sismica massima attesa, sulla base di quest'ultima vengono calcolati i parametri di pericolosità sismica.

Di seguito riportiamo lo spettro di progetto i dati del progetto , i parametri di calcolo ed i coefficienti applicati .

Spettri di Risposta elastico (Se) e di progetto (Sd)



— SLD,prog.,X — SLV,prog.,X — SLV,prog.,Y — SLV,prog.,Z

AZIONE SISMICA

Commento al Progetto

PCM 2016: progetto di edificio in muratura

Dati PROGETTO

Numero Piani : 7

Numero Materiali : 6

Numero Nodi : 3327

Numero Sezioni : 762

Numero Aste : 4353

Numero Solai : 211

Numero Condizioni di Carico Elementari : 11

Numero Combinazioni di Condizioni di Carico : 51

Vettore traslazione (dX, dY) (m)

(spostamento del riferimento globale XY rispetto al modello grafico):

4.353,-.65

PARAMETRI DI CALCOLO: Generali

Tipi di analisi:

Analisi Modale: si

Analisi Statica Lineare NON Sismica [§4.5.5]: no

- con rigidzze elastiche: no

Analisi Sismica Statica Lineare [§7.8.1.5.2]: no

Analisi Sismica Dinamica Modale [§7.8.1.5.3]: no

- con redistribuzione del taglio [§7.8.1.5.2]: no

Analisi Sismica Statica NON Lineare Pushover [§7.8.1.5.4]: no

Opzioni avanzate:

Soglia di labilita' per spostamenti nodali (mm) = 100

Minima lunghezza per aste in fondazione infinitamente rigide (m) = 0.05

Minima forza da considerare (kN) = 0.01

Passo di discretizzazione per sollecitazioni e deformazioni (m) = 0.1

Modifiche automatiche per vincolamento aste: si

AZIONE SISMICA

Struttura:

Vita Nominale VN (anni) = 25 (NB – Vita nominale ridotta ai sensi Direttiva DPCM BCC p.to 2.4)

Classe d'uso: iV

Coefficiente d'uso CU = 2

Periodo di riferimento per l'azione sismica VR=VN*CU (anni) = 50

Pericolosità:

Ubicazione del sito:

Longitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 13.549803

- Latitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 43.404817

Tipo di interpolazione: superficie rigata [§CA]

ag(g) Fo Tc*(sec) per i periodi di ritorno di riferimento

30	0.049	2.401	0.28
50	0.063	2.541	0.281
72	0.075	2.535	0.281
101	0.093	2.426	0.292
140	0.109	2.447	0.292
201	0.128	2.476	0.291
475	0.183	2.48	0.301
975	0.237	2.529	0.317
2475	0.336	2.474	0.327

Per periodi di ritorno TR<30 anni [cfr. DPC-Reluis, CNR-ITC]:

$ag(TR) = K * TR^\alpha$, dove:

$K = 0.009068533$, $\alpha = 0.495464076$

Stati Limite:

PVR (%) Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR (Tab.3.2.i)

SLE: SLO	81
SLE: SLD	63
SLU: SLV	10
SLU: SLC	5

ag(g) Fo Tc*(sec) e altri parametri di spettro per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite

[§3.2.3]

| Stato | TR | a,g | Fo | TC* | S | TB | TC | TD |

	limite (anni)	(*g)	(sec)	(sec)	(sec)	(sec)	(sec)	(sec)
SLO	30	0.049	2.401	0.280	1.500	0.149	0.447	1.796
SLD	50	0.063	2.541	0.281	1.500	0.149	0.448	1.852
SLV	475	0.183	2.480	0.301	1.428	0.157	0.470	2.332
SLC	975	0.237	2.529	0.317	1.340	0.162	0.486	2.548

Suolo:

Categoria di sottosuolo e Condizioni topografiche:

Categoria di sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Rapporto quota sito / altezza rilievo topografico = 0

Coefficiente di amplificazione topografica ST = 1

PGA:

Definizione di PGA: Accelerazione su roccia (analoga ad ag)

Microzonazione:

Fattore di suolo SS da microzonazione sismica: no

Componenti:

Spettro di risposta: componente orizzontale:

SLE: Smorzamento viscoso (ξ) (%) = 5

$\eta = [10 / (5 + \xi)] = 1$

SLU: Rapporto $au/\alpha_1 = 1.4$

Regolarità in altezza: no

SLU: Fattore di struttura = 2.25 $\Rightarrow \eta = 1/q = 0.444$

Spettro di risposta: componente verticale:

SS=1.000, S=1.000, TB=0.050 sec, TC=0.150 sec, TD=1.000 sec, $\xi=5\%$ ($\eta=1.000$), $q=1.500$
 $(\eta=1/q=0.667)$

PARAMETRI DI CALCOLO: Sismica

Direzioni di analisi e Combinazione delle componenti:

Angolo di ingresso del sisma (+ se antiorario) (α°) = 0

(analisi nelle direzioni X e Y)

Criterio di combinazione delle componenti orizzontali: +30%

Ignorare effetti eccentricita' accidentali in Sismica Lineare: no

Opzioni di analisi:

Progettazione semplificata per zone a bassa sismicita' [§7]: no

- $S_d(T1)$ (g) per zone a bassa sismicita' = 0.07

Per Analisi Sismica Lineare:

- altezza H della costruzione (7.2.2) misurata a partire dal piano di fondazione (m) = 3

- quota di inizio degli effetti sismici (m) = 0

- amplificazione spostamenti sismici con fattore μ [§7.3.3.3 per SLV, §7.3.7 per SLO e SLD]:

ignorare ai fini del calcolo delle tensioni sul terreno: no

- eseguire analisi per SLO: si

- eseguire analisi per SLD: si

Per Analisi Sismica Statica Lineare:

Periodo principale T1 (sec) in direzione α : $T1X = 0.114$

- in direzione $\alpha+90^\circ$: $T1Y = 0.114$

Calcolo di T1 con relazione (7.3.5) $T1=C1*H^{(3/4)}$: si

- C1 per il calcolo di T1 = 0.05

$\lambda=1.00$ nella definizione delle forze sismiche [§7.3.3.2]: no

PARAMETRI DI CALCOLO: Analisi Modale

Metodo di calcolo per Analisi Modale: Lanczos

Metodo di normalizzazione degli autovettori: Rispetto alla matrice delle masse

Numero modi da calcolare: 3

Numero di modi da considerare: tutti i modi con massa part.>5% e comunque tali che massa part.tot.>85%

[§7.3.3.1]

Metodo di combinazione dei modi: CQC (combinazione quadratica completa) [§7.3.3.1]

PARAMETRI DI CALCOLO: Muratura

Tipo di edificio e Livello di Conoscenza: Muratura Ordinaria

Edificio Esistente con Livello di Conoscenza LC1 (limitata)

Fattore di Confidenza FC [§8.5.4, §C8A.1.a.4, §4.2 Dir.9.2.2011] = 1.35

Coefficienti parziali di sicurezza: Edificio Esistente con Livello di Conoscenza LC1 (limitata)

- γ_M in Statica [§4.5.6.1] = 3

- γ_M in Sismica [§7.8.1.1] = 2

- per edifici esistenti [§8.5.4]: γ_M^*FC : in Statica = 4.05 , in Sismica = 2.7

Comportamento muratura:

Diagramma di calcolo tensione-deformazione [§4.1.2.1.2.2]: Stress-block

Coefficienti correttivi dei parametri meccanici [Tab. C8A.2.2]: per 2 o più coefficienti:

PARAMETRI DI CALCOLO: Analisi

Per maschi murari:

Contributo Rigidezza Trasversale: si

Assemblaggio rigidezza flessionale (EJ) per elementi contigui: no

Per Edifici Esistenti: valutare la sicurezza con riferimento al solo SLV [§8.3]: si

Analisi Sismica lineare: varie:

Eeguire il calcolo degli Indicatori di Rischio Sismico: si

Eeguire le verifiche di sicurezza anche per combinazioni (Nmin, T/Mmax), (Nmax, T/Mmin): no

Ridistribuzione taglio [§7.8.1.5.2-3]

- Max riduzione del taglio V per i maschi murari: R% = 25

- Max aumento del taglio V per i maschi murari: a% = 25

- $\Delta V \leq \max(R, a\%)|V|, 0.1*|V_{piano}|$: si

PARAMETRI DI CALCOLO: Verifiche

Per maschi murari:

Sezioni di verifica. Alla base: obbligatoria; in sommità: a tutti i piani, tranne l'ultimo

PressoFlessione Complanare:

Eeguire le verifiche [§7.8.2.2.1]: si

Considerare la Flessione solo nei maschi snelli: no

- snelli se (h/l) superiore a: 2

Taglio per Scorrimento:

Eeguire le verifiche [§7.8.2.2.2]: si

Modalità di calcolo della zona reagente: distribuzione triangolare delle tensioni [EC6, §4.5.3(6)]

Maschi in muratura ordinaria: prescindere in ogni caso dalla parzializzazione: no

Taglio per fessurazione diagonale:

Eeguire le verifiche [§8.7.1.5]: si

Per muratura nuova, in Analisi lineare: $\tau_0 = f_{vm0}$: si

(in analogia con la muratura esistente, anziché: $\tau_0 = f_v k_0$)

Coefficiente di forma b in dipendenza dalla snellezza $\lambda = (h/l)$: $b = \lambda$, $1.0 \leq b \leq 1.5$ [§C8.7.1.5]

Resistenza a trazione $f_t = 1.5 \tau_0$

PressoFlessione Ortogonale:

Analisi Statica [§4.5.6.2]:

- a. Con azioni da modello di calcolo 3D: si
- b. Metodo semplificato (ipotesi di parete incernierata a livello dei piani) [§4.5.5, §4.5.6.2]: no

Eseguire le verifiche (a, b) solo in mezzeria: si

Analisi Sismica [§7.8.2.2.3]:

- a. Con azioni da modello di calcolo 3D: no
 - b. Con azioni convenzionali (forze equivalenti) [§7.2.3] (solo per analisi lineare): si
- Assumere $T_a = 0$ [§7.8.1.5.2] per tutte le pareti che rispettano i requisiti della Tab.7.8.II, per muratura sia

nuova che esistente

In Analisi Statica (a) e Analisi Sismica (a, b):

Considerare eccentricità minima ($h/200$) (rif.: 4.5.9): si

PARAMETRI DI CALCOLO: Pushover (1)

Distribuzioni di forze [cfr. §7.3.4.1]:

Gruppo 1: distribuzioni principali

(B) Uni-modale: forze corrispondenti al primo modo di vibrare

Gruppo 2: distribuzioni secondarie

(E) Uniforme: forze proporzionali alle masse

Fattore di partecipazione modale Γ [cfr. §C7.3.5]:

calcolato con le sole masse e quiverse all'analisi

$\Gamma = 1.00$ nella distribuzione di forze Uniforme (E): si

Incrementi di taglio, Direzioni di analisi, Punto di controllo

Incremento di taglio alla base (kN):

- iniziale (fino al taglio di prima plasticizzazione) = 50

- dopo il taglio di prima plasticizzazione = 50

Direzione e verso di analisi:

+ α (+X per $\alpha = 0^\circ$)

considerare gli effetti dell'eccentricità accidentale: no

Punto di controllo:

baricentro del piano 7

PARAMETRI DI CALCOLO: Pushover (2)

Comportamento degli elementi strutturali:

Verifiche di sicurezza in corso di analisi:

Maschi murari:

Non eseguire verifiche a Sforzo Normale di Trazione: no

Non eseguire verifiche a PressoFlessione Ortogonale: no

Fasce di piano (Strisce, Sottofinestra):

Non eseguire verifiche a PressoFlessione: no

Non eseguire verifiche a Taglio: no

Non eseguire verifiche di resistenza in fase plastica: no

Fondazioni:

Ignorare aste su suolo elastico in Analisi Pushover: si

Curve caratteristiche: comportamento:

Maschi murari: Bilineare, con rigidità iniziale fessurata

Fasce di piano (Strisce, Sottofinestra): Elasto-plastico

Dopo il collasso, la fascia non vincola più gli spostamenti orizzontali dei nodi dei maschi tra i quali è definita: no

Modalità di calcolo:

Spostamento ultimo:

Drift ultimo (deformazione angolare): si

Controllo di duttilità (multiplo dello spostamento al limite elastico): no

Sistema bilineare equivalente:

Massima riduzione R di resistenza in corrispondenza di SLU (%) = 20

Tratto elastico passante per il punto con Taglio ($K T_{max}$), dove $K = 0.7$

Ulteriori condizioni per il raggiungimento di SLU:

Spostamenti non superiori ad H/K , con: H altezza dell'edificio, $K = 100$: no

Taglio alla base (kN) non superiore a 100000: no

Massima diminuzione di rigidità fra due passi consecutivi 50% : no

Riduzione del Taglio non superiore a R% del massimo:

Ultima configurazione equilibrata corrispondente a una riduzione del Taglio pari a R% rispetto al massimo

SLU: ultimo punto effettivamente calcolato prima della riduzione del Taglio pari a R% rispetto al massimo:
no

Opzioni varie:

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

Incremento di taglio autocorrettivo per individuare i punti di collasso dei singoli elementi strutturali: no

In particolare per il caso in esame è stata considerata

ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO IN EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA
(ANALISI CINEMATICA)

(D.M.14.1.2008 (NTC08), §8.7.1, Circ. 617 del 2.2.2009: §C8A.4)

Negli edifici esistenti in muratura, come hanno dimostrato anche gli eventi sismici più recenti, i collassi più frequenti sono determinati dalla formazione di cinematismi: porzioni murarie di dimensioni rilevanti si distaccano dalle strutture e ruotano come corpi rigidi; è tipico il ribaltamento delle parti superiori delle facciate verso l'esterno.

Durante la sollecitazione sismica, le azioni di tipo stabilizzante (pesi propri e carichi verticali dai solai, azioni da tiranti) si oppongono alle instabilizzanti (dovute a strutture spingenti e ad azioni orizzontali di tipo sismico proporzionali alle masse, cioè ai pesi). Quando a causa del sisma le azioni instabilizzanti superano un certo valore, si forma il meccanismo di collasso.

Pertanto, la sicurezza strutturale può essere indagata studiando i cinematismi che possono formarsi nell'opera muraria e definendo per ognuno di essi il moltiplicatore di collasso, ossia l'entità dell'input sismico che lo attiva generando il ribaltamento

b) Azione della neve – §3.4 D.M. 14/01/2008 'Norme Tecniche per le Costruzioni'

Il carico provocato dalla neve sulle coperture è valutato mediante la seguente espressione:

$$Q_s = \mu_i Q_{sk} C_E C_t$$

Q_{sk} : valore caratteristico di riferimento del carico neve;

μ_i : coefficiente di forma della copertura;

C_E : coefficiente di esposizione;

C_t : coefficiente termico.

VALORE CARATTERISTICO DEL CARICO NEVE AL SUOLO

Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

○	<p>Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.</p>	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	<p>Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.</p>	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$
●	<p>Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.</p>	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	<p>Zona III Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.</p>	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$

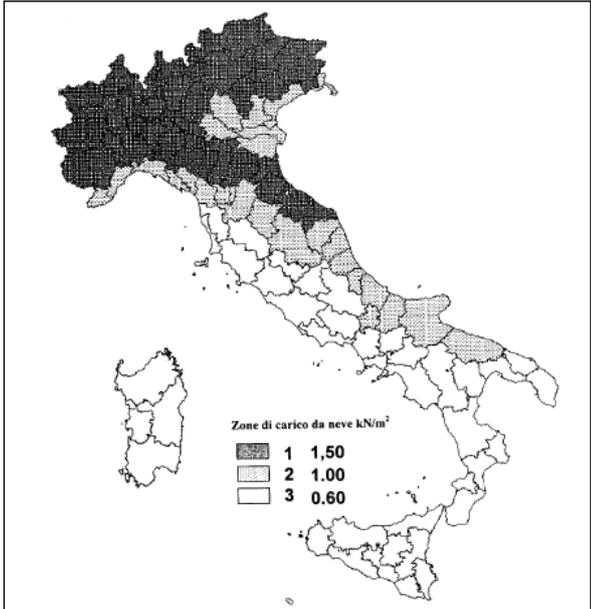
q_s (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$
 μ_i (coefficiente di forma)
 q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])
 C_E (coefficiente di esposizione)
 C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	293
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	1.17

Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato **Ct = 1**.



Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	C_E
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

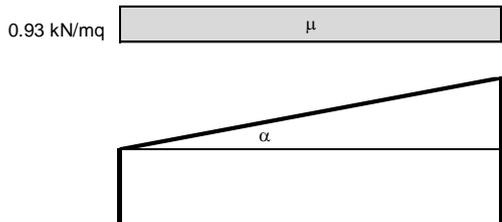
Valore del carico della neve al suolo

q_s (carico della neve al suolo [kN/mq])	1.17
--	------

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

α (inclinazione falda [°])	17
-----------------------------------	----

μ	0.8
-------	-----

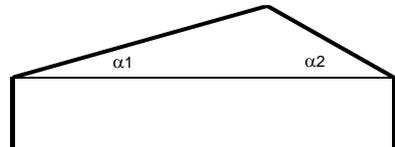
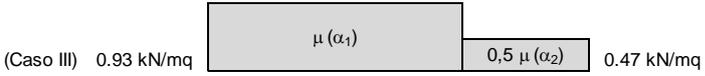
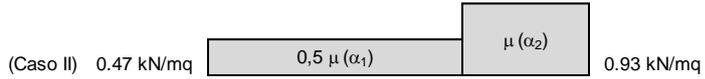
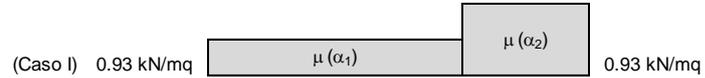


Coefficiente di forma (copertura a due falde)

α_1 (inclinazione falda [°])	21.8
α_2 (inclinazione falda [°])	21.8

$\mu(\alpha_1)$	0.8
-----------------	-----

$\mu(\alpha_2)$	0.8
-----------------	-----



9. Analisi dei carichi sulla struttura

ATTUALE	VOLTA BOTTE S2/S1							PALAZZO COMUNALE RECANATI			1		
<input type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)	h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati		spessore=	0.600
STRUTTURA	0.150	x	1.000	x	18.00	/	1.00	=	2.700	-	kN/mq		
PERM. PORTA	0.400	x	1.000	x	12.00	/	1.00	=	-	4.800	kN/mq		
PERM. PORTA	0.050	x	1.000	x	18.00	/	1.00	=	-	0.900	kN/mq		
STRUTTURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
PERM. PORTA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
PERM. PORTA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
TAMPONATURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
PERM. PORTA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
PERM. PORTA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
TAMPONATURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
PERM. PORTA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
PERM. PORTA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
									TOTALE	= 2.700	5.700	kN/mq	
B2 - Uffici aperti al pubblico													
										TOTALE VARIABILI=	3.00	kN/mq	

ATTUALE	VOLTA A CROCIERA S2/S1							PALAZZO COMUNALE RECANATI			2		
<input type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)	h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati		spessore=	0.370
STRUTTURA	0.150	x	1.000	x	18.00	/	1.00	=	2.700	-	kN/mq		
PERM. PORTA	0.170	x	1.000	x	12.00	/	1.00	=	-	2.040	kN/mq		
PERM. PORTA	0.050	x	1.000	x	18.00	/	1.00	=	-	0.900	kN/mq		
STRUTTURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
PERM. PORTA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
PERM. PORTA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
PERM. PORTA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
TAMPONATURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
TAMPONATURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
STRUTTURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
TAMPONATURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
PERM. PORTA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
									TOTALE	= 2.700	2.950	kN/mq	
B2 - Uffici aperti al pubblico													
										TOTALE VARIABILI=	3.00	kN/mq	

ATTUALE	VOLTA A CROCIERA IN FOGLIO PORTICATO							PALAZZO COMUNALE RECANATI			3		
<input type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)	h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati		spessore=	0.125
STRUTTURA	0.075	x	1.000	x	18.00	/	1.00	=	1.350	-	kN/mq		
PERM. PORTA	0.050	x	1.000	x	12.00	/	1.00	=	-	0.600	kN/mq		
STRUTTURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
PERM. PORTA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
PERM. PORTA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
PERM. PORTA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
STRUTTURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
STRUTTURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
STRUTTURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
STRUTTURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
STRUTTURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
STRUTTURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
STRUTTURA		x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq		
									TOTALE	= 1.350	0.600	kN/mq	
A - Abitazioni, alberghi													
										TOTALE VARIABILI=	2.00	kN/mq	

ATTUALE	VOLTA A CROCIERA IN FOGLIO SU AULA MAGNA							PALAZZO COMUNALE RECANATI			4		
<input type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)	h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati	spessore=	0.455	
STRUTTURA	0.075	x	1.000	x	18.00	/	1.00	=	1.350	-	kN/mq		
PERM. PORTA	MURICCI	0.250	x	0.120	x	18.00	/	0.30	=	-	1.800	kN/mq	
PERM. PORTA	CORRENTI	0.080	x	0.040	x	6.00	/	0.30	=	-	0.064	kN/mq	
PERM. PORTA	TAVOLATO	0.025	x	1.000	x	6.00	/	1.00	=	-	0.150	kN/mq	
PERM. PORTA	PARQUET	0.025	x	1.000	x	6.00	/	1.00	=	-	0.150	kN/mq	
PERM. PORTA									=	-	-	kN/mq	
PERM. PORTA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
									TOTALE	=	1.350	2.200	kN/mq
C3 - Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento del													
										TOTALE VARIABILI=	5.00	kN/mq	

ATTUALE	SOLAIO IN LEGNO DI PIANO							PALAZZO COMUNALE RECANATI			5		
<input type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)	h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati	spessore=	0.450	
STRUTTURA	0.200	x	0.250	x	6.00	/	1.00	=	0.300	-	kN/mq		
STRUTTURA	PICCOLA ORDITURA	0.080	x	0.080	x	6.00	/	1.00	=	0.038	-	kN/mq	
STRUTTURA	PIANELLE	0.040	x	1.000	x	18.00	/	1.00	=	0.720	-	kN/mq	
PERM. PORTA	MASSETTO	0.100	x	1.000	x	20.00	/	1.00	=	-	2.000	kN/mq	
PERM. PORTA	PAVIMENTO	0.030	x	1.000	x	13.33	/	1.00	=	-	0.400	kN/mq	
PERM. PORTA									=	-	-	kN/mq	
PERM. PORTA									=	-	-	kN/mq	
PERM. PORTA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
									TOTALE	=	1.100	2.400	kN/mq
B2 - Uffici aperti al pubblico													
										TOTALE VARIABILI=	3.00	kN/mq	

ATTUALE	SALA STEMMI							PALAZZO COMUNALE RECANATI			6		
<input type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)	h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati	spessore=	0.670	
STRUTTURA	0.500	x	1.000	x	1.00	/	1.00	=	0.500	-	kN/mq		
PERM. PORTA	TAVELLE	0.050	x	1.000	x	6.00	/	1.00	=	-	0.300	kN/mq	
PERM. PORTA	SOLETTA E MASSETTO	0.100	x	1.000	x	24.00	/	1.00	=	-	2.400	kN/mq	
PERM. PORTA	PAVIMENTO	0.020	x	1.000	x	20.00	/	1.00	=	-	0.400	kN/mq	
PERM. PORTA									=	-	-	kN/mq	
PERM. PORTA									=	-	-	kN/mq	
TAMPONATURA									=	-	-	kN/mq	
TAMPONATURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
									TOTALE	=	0.500	3.100	kN/mq
C2 - Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema													
										TOTALE VARIABILI=	4.00	kN/mq	

ATTUALE	INCANUCCIATO							PALAZZO COMUNALE RECANATI			7		
<input type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)	h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati	spessore=	0.050	
PERM. PORTA	SOFFITTO	0.050	x	1.000	x	10.00	/	1.00	=	-	0.500	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
PERM. PORTA									=	-	-	kN/mq	
PERM. PORTA									=	-	-	kN/mq	
PERM. PORTA									=	-	-	kN/mq	
PERM. PORTA									=	-	-	kN/mq	
PERM. PORTA									=	-	-	kN/mq	
TAMPONATURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
STRUTTURA									=	-	-	kN/mq	
									TOTALE	=	-	0.500	kN/mq
A - Abitazioni, alberghi													
										TOTALE VARIABILI=	2.00	kN/mq	

ATTUALE	COPERTURA							PALAZZO COMUNALE RECANATI			8	
<input type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)	h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati	spessore=	0.420
STRUTTURA	0.200	x	0.250	x	6.00	/	1.00	=	0.300	-	kN/mq	
STRUTTURA	GROSSA ORDITURA	0.090	x	0.090	x	6.00	/	0.30	=	0.162	-	kN/mq
PERM. PORTA	PIANELLE	0.030	x	1.000	x	18.00	/	1.00	=	-	0.540	kN/mq
PERM. PORTA	COPPI	0.100	x	1.000	x	8.00	/	1.00	=	-	0.800	kN/mq
PERM. PORTA												
TAMPONATURA												
PERM. PORTA												
TAMPONATURA												
PERM. PORTA												
TAMPONATURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
									TOTALE	= 0.500	1.350	kN/mq
Neve: Zona II < 1000 m slm							H SITO= 293		TOTALE VARIABILI= 0.95		kN/mq	

ATTUALE	SOLAIO CA							PALAZZO COMUNALE RECANATI			9	
<input checked="" type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)	h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati	spessore=	0.200
STRUTTURA												
STRUTTURA	TRAVETTI	0.160	x	0.100	x	24.00	/	0.60	=	0.640	-	kN/mq
STRUTTURA	PIGNATTA	0.160	x	0.500	x	6.00	/	0.60	=	0.800	-	kN/mq
STRUTTURA	SOLETTA	0.040	x	1.000	x	24.00	/	1.00	=	0.960	-	kN/mq
PERM. PORTA												
PERM. PORTA												
TAMPONATURA												
TAMPONATURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
									TOTALE	= 2.400	-	kN/mq
B2 - Uffici aperti al pubblico							TOTALE VARIABILI= 3.00		kN/mq			

MODIFICATO	SOLAIO ACCIAIO AULA MAGNA							PALAZZO COMUNALE RECANATI			10	
<input type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)	h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati	spessore=	0.245
STRUTTURA	TRAVE HEA 180	0.180	x	1.000	x	1.53	/	1.10	=	0.250	-	kN/mq
STRUTTURA	TAVOLATO	0.065	x	1.000	x	6.00	/	1.00	=	0.390	-	kN/mq
PERM. PORTA												
PERM. PORTA												
PERM. PORTA												
TAMPONATURA												
PERM. PORTA												
TAMPONATURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
									TOTALE	= 0.650	-	kN/mq
C3 - Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento del							TOTALE VARIABILI= 5.00		kN/mq			

MODIFICATO	SOLAIO IN ACCIAIO SALA RIUNIONI							PALAZZO COMUNALE RECANATI			11	
<input checked="" type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)	h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati	spessore=	0.185
STRUTTURA	2HEB 120	0.120	x	1.000	x	5.57	/	1.00	=	0.668	-	kN/mq
STRUTTURA	TAVOLATO	0.065	x	1.000	x	6.00	/	1.00	=	0.390	-	kN/mq
PERM. PORTA												
PERM. PORTA												
PERM. PORTA												
TAMPONATURA												
PERM. PORTA												
TAMPONATURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
STRUTTURA												
									TOTALE	= 1.100	-	kN/mq
C3 - Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento del							TOTALE VARIABILI= 5.00		kN/mq			

ATTUALE	SOLAIO ACCIAIO CORRIDOIO							PALAZZO COMUNALE RECANATI			12	
<input type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)	h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati	spessore=	0.295
STRUTTURA	0.120	x	1.000	x	5.57	/	1.00	=	0.668	-		
STRUTTURA	LAMIERA GRECATA	0.050	x	1.000	x	1.60	/	1.00	=	0.080	-	
PERM. PORTA	MASSETTO	0.100	x	1.000	x	7.50	/	1.00	=	-	0.750	kN/mq
PERM. PORTA	PAVIMENTO	0.025	x	1.000	x	25.00	/	1.00	=	-	0.625	kN/mq
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
STRUTTURA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
STRUTTURA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
STRUTTURA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
STRUTTURA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
STRUTTURA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
STRUTTURA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
									TOTALE	= 0.750	1.400	kN/mq
B2 - Uffici aperti al pubblico												
									TOTALE VARIABILI=	3.00	kN/mq	

MODIFICATO	SOLAIO IN ACCIAIO UFFICI							PALAZZO COMUNALE RECANATI			13	
<input type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)	h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati	spessore=	0.295
STRUTTURA	0.120	x	1.000	x	3.90	/	1.00	=	0.468	-		
STRUTTURA	LAMIERA GRECATA	0.050	x	1.000	x	1.60	/	1.00	=	0.080	-	
PERM. PORTA	MASSETTO ALLEGERITO	0.100	x	1.000	x	7.50	/	1.00	=	-	0.750	kN/mq
PERM. PORTA	PAVIMENTO	0.025	x	1.000	x	25.00	/	1.00	=	-	0.625	kN/mq
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
TAMPONATURA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
TAMPONATURA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq
									TOTALE	= 0.550	1.400	kN/mq
B2 - Uffici aperti al pubblico												
									TOTALE VARIABILI=	3.00	kN/mq	

Carichi agenti sulla struttura

Per la struttura in esame si hanno le seguenti tipologie di carico:

carichi permanenti (tipo G)

1. peso proprio della struttura (G_1);
2. permanenti sui solai (peso proprio + carichi portati) ($G_1 + G_2$);

carichi variabili (tipo Q)

3. sovraccarico di esercizio di solaio di civile abitazione
4. sovraccarico dovuto all'azione della neve

carichi da sisma (tipo E)

5. sollecitazione dovuta al sisma orizzontale (e verticale se del caso)

Per le combinazioni di carico, vedere i relativi fascicoli di calcolo allegati

10. Fattore di confidenza

FATTORE DI CONFIDENZA			
DIRETTIVA 9 FEBBRAIO 2011 - BENI CULTURALI			
Tabella 4.1 – Definizione dei livelli di approfondimento delle indagini sui diversi aspetti della conoscenza e relativi fattori parziali di confidenza.			
Rilievo geometrico	rilievo geometrico completo	$F_{C1} = 0.05$	<input checked="" type="radio"/> Fc1_1
	rilievo geometrico completo, con restituzione grafica dei quadri fessurativi e deformativi	$F_{C1} = 0$	<input type="radio"/> Fc1_2
Identificazione delle specificità storiche e costruttive della fabbrica	restituzione ipotetica delle fasi costruttive basata su un limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche)	$F_{C2} = 0.12$	<input checked="" type="radio"/> Fc2_1
	restituzione parziale delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su: a) limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione e alla verifica delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, verifica diagnostica delle ipotesi storiografiche); b) esteso rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche)	$F_{C2} = 0.06$	<input type="radio"/> Fc2_2
	restituzione completa delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su un esaustivo rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, eventuali indagini diagnostiche)	$F_{C2} = 0$	<input type="radio"/> Fc2_3
Proprietà meccaniche dei materiali	parametri meccanici desunti da dati già disponibili	$F_{C3} = 0.12$	<input checked="" type="radio"/> Fc3_1
	limitate indagini sui parametri meccanici dei materiali	$F_{C3} = 0.06$	<input type="radio"/> Fc3_2
	estese indagini sui parametri meccanici dei materiali	$F_{C3} = 0$	<input type="radio"/> Fc3_3
Terreno e fondazioni	limitate indagini sul terreno e le fondazioni, in assenza di dati geotecnici e disponibilità d'informazioni sulle fondazioni	$F_{C4} = 0.06$	<input checked="" type="radio"/> Fc4_1
	disponibilità di dati geotecnici e sulle strutture fondazionali; limitate indagini sul terreno e le fondazioni	$F_{C4} = 0.03$	<input type="radio"/> Fc4_2
	estese o esaustive indagini sul terreno e le fondazioni	$F_{C4} = 0$	<input type="radio"/> Fc4_3
FC=			1.35

Il fattore di confidenza è stato pertanto assunto pari a 1,35

11. Relazioni sui materiali – Materiali e Resistenze di calcolo

CEMENTO ARMATO

Calcestruzzi

Riferimenti: D.M. 14.01.2008, par. 11.2;
UNI ENV 13670-1:2001;
Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
UNI EN 206-1/2006;
UNI 11104.

Tipologia strutturale:	Elevazione
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	30 N/mm ² (300 daN/cm ²)
Condizioni ambientali:	Interno di edifici
Classe di esposizione:	XC1
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	S3 (Plastica)
Diametro massimo aggregati:	12 mm

Riferimento nel progetto (soletta cls volta a botte)

Dosatura dei materiali.

La dosatura dei materiali per ottenere Rck 300 (30) è orientativamente la seguente (per m³ d'impasto).

sabbia	0.4 m ³
ghiaia	0.8 m ³
acqua	150 litri
cemento tipo 325	350 kg/m ³

Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine. La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 16 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri).

Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70mm per fondazioni), non geliva, lavata; pietrisco di roccia compatta.

Assortimento granulometrico in composizione compresa tra le curve granulometriche sperimentali:

- passante al vaglio di mm 16 = 100%
- passante al vaglio di mm 8 = 88-60%
- passante al vaglio di mm 4 = 78-36%
- passante al vaglio di mm 2 = 62-21%
- passante al vaglio di mm 1 = 49-12%
- passante al vaglio di mm 0.25 = 18-3%

Prescrizione per il disarmo

Indicativamente: pilastri 3-4 giorni; solette modeste 10-12 giorni; travi, archi 24-25 giorni, mensole 28 giorni.

Per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Provini da prelevare in cantiere

Un prelievo è costituito da 2 provini: n° 2 cubi di lato 15 cm;

un prelievo ogni 100 mc

$$\sigma_{c28} \geq 3 \cdot \sigma_{c adm};$$

$$R_{ck} 28 = R_m - 35 \text{ kg/cm}^2;$$

$$R_{min} > R_{ck} - 35 \text{ kg/cm}^2$$

Parametri caratteristici e tensioni limite per il metodo degli stati limite

Tabella riassuntiva per vari R_{ck}

R_{ck}	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctm}	u.m.
250	207.5	117.6	10.5	[kg/cm ²]
300	249.0	141.1	11.9	[kg/cm ²]

350	290.5	164.6	13.3	[kg/cm ²]
400	332.0	188.1	14.5	[kg/cm ²]
450	373.5	211.6	15.7	[kg/cm ²]
500	415.0	235.2	16.8	[kg/cm ²]

R _{ck}	f _{ck}	f _{cd}	f _{ctm}	u.m.
25	20.75	11.75	1.05	[N/mm ²]
30	24.90	14.11	1.19	[N/mm ²]
35	29.05	16.46	1.32	[N/mm ²]
40	33.20	18.81	1.44	[N/mm ²]
45	37.35	21.16	1.56	[N/mm ²]
50	41.50	23.51	1.67	[N/mm ²]

legenda:

- f_{ck} (resistenza cilindrica a compressione);

$$f_{ck} = 0.83 R_{ck};$$

- f_{cd} (resistenza di calcolo a compressione);

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$$

- f_{ctd} (resistenza di calcolo a trazione);

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c;$$

$$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm};$$

$$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} \quad \text{per classi} \leq C50/60$$

$$f_{ctm} = 2.12 * \ln[1 + f_{cm}/10] \quad \text{per classi} > C50/60$$

Valori indicativi di alcune caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi impiegati:

Ritiro (valori stimati): 0.25 mm/m (dopo 5 anni, strutture non armate);

0.10 mm/m (strutture armate).

Rigonfiamento in acqua (valori stimati): 0.20 mm/m (dopo 5 anni in strutture armate).

Dilatazione termica: $10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Viscosità $\varphi = 1.70$.

DURABILITA' DEL CALCESTRUZZO

4.1.2.2.4.3 delle NTC 2008: **Condizioni ambientali**

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato

nella Tab. 4.1.III con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Per le definizioni delle classi di esposizione si rimanda al Prospetto classi di esposizione e composizione **UNI EN 206-1 (uni 11104 marzo 2004)** riportato nelle pagine che seguono.

4.1.2.2.4.4 delle NTC 2008: Sensibilità delle armature alla corrosione

Le armature si distinguono in due gruppi:

- armature sensibili;
- armature poco sensibili.

Appartengono al primo gruppo gli acciai da precompresso. Appartengono al secondo gruppo gli acciai ordinari.

Per gli acciai zincati e per quelli inossidabili si può tener conto della loro minor sensibilità alla corrosione.

4.1.2.2.4.5 delle NTC 2008: Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella Tab. 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$

		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_d , è definito al § 4.1.2.2.4.6 delle NTC 2008.

C4.1.6.1.3 della Circolare 617/09: Copriferro e interferro

Con riferimento al §4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di **ricoprimento di calcestruzzo (copriferro)** deve rispettare quanto indicato in Tabella C4.1.IV, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.IV delle NTC. I valori sono espressi in mm e sono distinti in funzione dell'armatura, barre da c.a. o cavi aderenti da c.a.p. (fili, trecce e trefoli), e del tipo di elemento, a piastra (solette, pareti,...) o monodimensionale (travi, pilastri,...).

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

I valori della Tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con vita nominale di 50 anni (Tipo 2 secondo la Tabella 2.4.I delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (Tipo 3 secondo la citata Tabella 2.4.I) i valori della Tabella C4.1.IV vanno aumentati di 10 mm. Per classi di resistenza inferiori a C_{min} i valori della tabella sono da aumentare di 5 mm. Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di 5 mm.

Per acciai inossidabili o in caso di adozione di altre misure protettive contro la corrosione e verso i vani interni chiusi di solai alleggeriti (alveolari, predalles, ecc.), i copriferri potranno essere ridotti in base a documentazioni di comprovata validità.

Tabella C4.1.IV Copriferri minimi in mm

C_{min}	C_o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

C_{min} = classe di resistenza minima del calcestruzzo

C_o = classe di resistenza ordinaria del calcestruzzo

Prospetto classi di esposizione e composizione uni en 206-1 (uni 11104 marzo 2004)

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione	UNI 9858	A/C MAX	R'ck min.	Dos. Min. Cem. KG.
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto ad cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasioni, gelo o attacco chimico	1	---	15	---
2 Corrosione indotta da carbonatazione						
Nota – Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro e nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante, in questi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo ed il suo ambiente.						
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa o immerse in acqua	2a	0,60	30	300
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	2a	0,60	30	300
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia o in interni con umidità da moderata ad alta	5a	0,55	35	320
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani.	4a, 5b	0,50	40	340
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri	5a	0,55	35	320
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua industriali contenente cloruri (piscine)	4a, 5b	0,50	40	340
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	5c	0,45	45	360
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità	4a, 5b	0,50	40	340
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersa in acqua	5c	0,45	45	360
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare	5c	0,45	45	360
5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti *(NB XF2 – XF3 – XF4 contenuto minimo aria 3%)						
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate o colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua	4a, 5b	0,50	40	320
XF2*	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti	3, 4b	0,50	30	340
XF3*	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo	2b, 4b	0,50	30	340
XF4*	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto od indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare	3, 4b	0,45	35	360

6 Attacco chimico **)

XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acqua reflue	5a	0,55	35	320
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	5b	0,50	40	340
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acqua industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.	5c	0,45	45	360

*) il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: *moderato* occasionalmente gelato in condizioni di saturazione; *elevato* alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.

**) da parte di acque del terreno o acqua fluenti

SPECIFICHE DI ESECUZIONE DA ADOTTARE PER GLI IMPASTI DEL CLS, LA MESSA IN OPERA, LA MATURAZIONE DEI GETTI E IL DISARMO E DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Confezionamento

Il confezionamento del calcestruzzo, cioè l'impasto dei componenti opportunamente dosati, è un'operazione fondamentale per ottenere la resistenza richiesta. E' necessario anche considerare fattori quali l'immagazzinamento (il cemento deve essere conservato in sacchi o sili, deve essere accuratamente preservato dall'umidità, e impiegato senza stazionare troppo a lungo in cantiere), la dosatura, e la miscelazione dei componenti.

Getto

Lo scarico del calcestruzzo fornito già confezionato, viene effettuato mediante apposite canalette, se la casseratura è situata a quota più bassa dell'autobetoniera, oppure impiegando pompe montate su autocarro, nel caso di getti a quota superiore, o di casserature di particolare conformazione, oppure difficilmente accessibili.

Durante la fase di getto è necessario evitare la segregazione dei componenti: specialmente nel caso di impasti fluidi, infatti, gli aggregati più grossi tendono a portarsi verso il fondo mentre la parte più fine tende a risalire; è necessario che l'altezza di caduta sia minima e che si riduca la possibilità di urti contro le pareti della cassaforma e l'armatura metallica. In particolare, nel getto di pareti, l'impasto deve essere versato in strati successivi uniformemente disposti in lunghezza.

Per rendere più agevole il distacco del calcestruzzo dalla casseratura al momento del disarmo, le superfici interne delle casseforme devono essere trattate con disarmanti, in modo da ridurre al minimo l'aderenza tra i due materiali. Essi non devono produrre alterazioni del calcestruzzo, e devono essere applicati a spruzzo o con spazzole o rulli, in modo da formare una pellicola di spessore uniforme.

Costipamento

Il costipamento è un'operazione estremamente importante perché consente di riempire completamente la cassaforma, di inglobare l'armatura metallica e di dare la necessaria compattezza al getto. Esso influisce notevolmente anche sulla resistenza del calcestruzzo.

Il costipamento può essere manuale, adatto per impasti fluidi, ovvero meccanico, nel caso di impasti a consistenza umida con un basso rapporto acqua/cemento. I sistemi di vibrazione possono essere per vibrazione interna (generata da appositi apparecchi ad ago immersi direttamente nella massa del calcestruzzo), vibrazione esterna (trasmessa all'impasto attraverso la cassaforma grazie a particolari apparecchi fissati al suo esterno).

Le casserature devono essere realizzate in modo da non subire deformazioni per effetto della pressione esercitata dal calcestruzzo allo stato fluido o per altre cause.

Il costipamento deve essere effettuato in modo uniforme e per un periodo di tempo adeguato, senza tuttavia esagerare perché potrebbero iniziare fenomeni di separazione degli aggregati (segregazione). Esso si può considerare concluso quando sulla superficie del getto non affiorano più bollicine d'aria, ma si forma un velo di malta fine di aspetto lucido e uniforme.

Maturazione

Sono necessari particolari accorgimenti durante la fase di maturazione: in condizioni normali, la maturazione si compie in un periodo più o meno lungo, al termine del quale il calcestruzzo raggiunge le caratteristiche di resistenza previste. Per ottenere una presa e un indurimento regolari occorre però che il calcestruzzo si trovi a una temperatura non troppo elevata né troppo bassa (20°C) per tutto il periodo e, in particolar modo, nella fase iniziale. Un aumento della temperatura oltre le condizioni normali produce in genere un'accelerazione della presa e dell'indurimento dei getti, senza che ciò pregiudichi il raggiungimento della qualità prevista del calcestruzzo. Una temperatura troppo elevata (>30°C) può però determinare una eccessiva evaporazione superficiale che, sottraendo acqua alla massa dell'impasto, non permette di raggiungere la completa idratazione del cemento. In questa situazione, evidenziata dalla comparsa di una pulverulenza superficiale del calcestruzzo, si ottengono valori di resistenza inferiori a quelli previsti. Una temperatura troppo elevata può inoltre causare un rapido ritiro della massa del getto con la possibile formazione di screpolature superficiali del calcestruzzo. Per evitare questi inconvenienti, durante la stagione estiva o in ambienti troppo caldi, devono essere osservati particolari accorgimenti per ridurre l'evaporazione dell'acqua, quali:

- bagnare abbondantemente, prima del getto, i blocchi forati dei solai (in modo che il laterizio non sottragga acqua all'impasto), nonché le casseforme, se sono di legno;

- effettuare frequenti e abbondanti spruzzature, dopo il getto, in modo da mantenere, per quanto possibile, il contatto con l'acqua o con un ambiente a elevato contenuto di umidità. Le condizioni migliori per la maturazione sarebbero quelle in cui si ha il contatto diretto del calcestruzzo con l'acqua;
- coprire i getti con materiali (per esempio sabbia, o con la stessa carta dei sacchi di cemento), che restino imbevuti a lungo di acqua e la mantengono a contatto con il calcestruzzo;
- spruzzare i getti con prodotti atti a formare una pellicola protettiva, oppure coprirli con fogli di plastica, che impediscano l'evaporazione dell'acqua contenuta nelle opere in corso di maturazione;
- eseguire getti nelle ore meno calde della giornata, preferibilmente nelle ore serali.

Gli elementi di calcestruzzo armato maggiormente soggetti all'evaporazione dell'acqua d'impasto sono quelli caratterizzati da una grande estensione superficiale, come i solai; altri elementi, come i pilastri o le pareti, sono meno esposti, essendo a contatto con la cassaforma per la massima parte della loro superficie.

Anche la presenza del vento può determinare un'elevata evaporazione dell'acqua e favorire la formazione di crepe superficiali dovute a un rapido ritiro del calcestruzzo.

Al contrario, un abbassamento della temperatura al disotto delle condizioni normali determina un rallentamento della maturazione del calcestruzzo.

Scendendo a temperature inferiori a 0°C i getti possono subire deterioramenti molto pericolosi, specialmente se l'azione del gelo si manifesta nella fase iniziale di presa e d'indurimento del calcestruzzo. Il gelo produce infatti una disgregazione della massa del materiale, tanto più dannosa quanto minori sono gli spessori degli elementi strutturali interessati.

Se si devono assolutamente continuare i lavori anche in condizioni ambientali sfavorevoli, è quindi necessaria l'adozione dei seguenti accorgimenti adatti per temperature non inferiori a -3°C:

- impiegare cementi a rapido indurimento, caratterizzati da un calore di idratazione più elevato, e aumentare la loro dosatura;
- usare acqua riscaldata e aggregati conservati in ambienti riparati dai rigori dell'ambiente esterno;
- ricorrere ad additivi aeranti, che sviluppino una buona difesa rispetto al gelo, oppure ad additivi anti-gelo, che abbassino il punto di congelamento dell'acqua;
- eseguire i getti nelle ore più calde della giornata (meglio se soleggiate) e successivamente ricoprirli con materiali termoisolanti, che riducano la dispersione del calore di idratazione dalla massa del calcestruzzo.

Occorre tuttavia sottolineare che gli accorgimenti descritti non danno più affidamento quando la temperatura scende al disotto di -3°C: in queste condizioni è buona regola sospendere l'esecuzione dei getti di calcestruzzo.

Gli elementi più esposti al pericolo di deterioramenti causati dal gelo sono quelli che hanno uno spessore limitato e una grande superficie scoperta a contatto con l'aria.

Disarmo

Il disarmo consiste nella rimozione delle casserature che hanno contenuto il getto di calcestruzzo durante tutta la fase di maturazione. La decisione di disarmare spetta al Direttore dei Lavori: l'operazione non deve comunque avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo. Inoltre, lo smontaggio della cassetta deve avvenire gradualmente in modo da evitare che gli elementi debbano sopportare sollecitazioni elevate.

In assenza di specifici accertamenti della resistenza del conglomerato, e in normali condizioni esecutive e ambientali di maturazione, è opportuno osservare i tempi minimi di disarmo, da misurare a partire dal giorno del getto, indicati:

- sponde dei casseri di travi e pilastri: 3 giorni
- casserature di solette di luce modesta: 10 giorni
- puntelli e centine di travi, archi e volte: 24 giorni
- elementi strutturali a sbalzo: 28 giorni

E' però buona regola detrarre dal computo dei giorni tutti quelli in cui la temperatura non si è innalzata decisamente al disopra dello zero: in tali giorni si può infatti presumere che il processo di indurimento del calcestruzzo non sia progredito.

La possibilità di accelerare la maturazione del calcestruzzo consente di ridurre i tempi minimi di disarmo.

Si devono intendere parti integranti delle presenti indicazioni le norme specifiche UNI ENV 13670-1:2001 e le Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

ACCIAIO per C.A.

(Rif. D.M. 14.01.2008, par. 11.3.2)

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

Tabella 11.3.Ia e tensione di progetto

Tensione nominale di snervamento: $f_{y \text{ nom}}$	450 N/mm ²
Tensione nominale di rottura: $f_t \text{ nom}$	540 N/mm ²
Tensione di progetto: f_{yd}	$f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1.15 = 391 \text{ N/mm}^2$

Tabella 11.3.Ib

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{ynom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{tnom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10.0
$(f_y/f_{ynom})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$:	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche: $\varnothing < 12 \text{ mm}$ $12 \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ per $16 < \varnothing \leq 25 \text{ mm}$ per $25 < \varnothing \leq 40 \text{ mm}$	4 \varnothing 5 \varnothing 8 \varnothing 10 \varnothing	

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1:2004.

Diametro delle barre: $6 \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$.

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri $\leq 16 \text{ mm}$.

Reti e tralici con elementi base di diametro $6 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralici: $\phi_{min}/\phi_{max} \geq 0.6$

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450A

L'acciaio per cemento armato B450A è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

Tabella 11.3.Ia e tensione di progetto

Tensione nominale di snervamento: f_y nom	450 N/mm ²
Tensione nominale di rottura: f_t nom	540 N/mm ²
Tensione di progetto: f_{yd}	$f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1.15 = 391$ N/mm ²

Tabella 11.3.Ic

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{ynom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{tnom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,05$	10.0
$(f_y/f_{ynom})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$:	$\geq 2,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche: $\phi \leq 10$ mm	4 ϕ	

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1:2004.

Diametro delle barre: $5 \leq \phi \leq 10$ mm.

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri ≤ 10 mm.

Reti e tralici con elementi base di diametro $5 \leq \phi \leq 10$ mm.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralici: $\phi_{min}/\phi_{max} \geq 0.6$

ACCIAIO DA CARPENTERIA

(Riferimento p.to 4.2 DM 14/01/2008)

Acciaio laminato

Gli acciai di uso generale a caldo devono appartenere ai gradi da S235 ad S460 conformemente ai requisiti di cui al § 11.3.4 .

I valori di snervamento F_{yk} e di rottura F_{tk} sono desumibili dalle presenti tabelle

Tabella 11.3.IX . Laminati acaldo con profili a sezione aperta

NORME E QUALITA' ACCIAI	Spessore nominale dell'elemento			
	t</40 mm		40 mm<t</80 mm	
	Fyk (N/mm ²)	Ftk /N/mm ²)	Fyk (N/mm ²)	Ftk /N/mm ²)
UNI EN 10025-2				
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-4				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tabella 11.3.IX . Laminati acaldo con profili a sezione cava

NORME E QUALITA' ACCIAI	Spessore nominale dell'elemento			
	t</40 mm		40 mm<t</80 mm	
	Fyk (N/mm ²)	Ftk /N/mm ²)	Fyk (N/mm ²)	Ftk /N/mm ²)
UNI EN 10210-I				
S235 H	235	360	215	340
S275 H	275	430	255	410
S355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NHL	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NHL	275	370		
S 355 NH/NHL	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

Definizione di acciai laminati (Rif. P.to 11.3.4.2)

Gli acciai laminati di uso generale per la realizzazione di strutture metalliche e per le strutture composte comprendono :

prodotti lunghi (laminati mercantili (angolari , L,T,piatti ed altri prodotti di forma) ; travi ad ali parallele del tipo HE ed IPE , Travi IPN ; laminati ad U

prodotti piani (lamiere e piatti , nastri)

profilati cavi (tubi prodotti a caldo)

prodotti derivati (travi saldate, profilati a freddo, tubi saldati, lamiere grecate)

Controlli sui prodotti laminati (rif. P.to 11.3.4.1)

Rif. P.to 11.3.4.10 i centri di trasformazione sono i centri di produzione di lamiere grecate e profilati formati a freddo , i centri di prelaborazione di componenti strutturali , le officine di produzione di elementi strutturali di serie e le officine per la produzione di bulloni e chiodi I centri di trasformazione devono possedere i requisiti di cui al pto 11.3.1.7

Acciaio per strutture saldate (rif. P.to 11.3.4.4)

Gli acciai per strutture saldate devono soddisfare le condizioni di cui al pto 11.3.4.1.

Il processo di saldatura dovrà avvenire con il procedimento dell'arco elettrico secondo le norme UNI EN ISO 4063:2001 .

I saldatori dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1:2004 . I controlli saranno eseguiti dal Direttore dei Lavori e dal Collaudatore e saranno del tipo distruttivo o non distruttivo , in aggiunta a quello visivo al 100% : per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi volumetrici e cioè a raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione .

Bulloni e chiodi (rif. P.to 11.3.4.6)

I bulloni devono essere conformi alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968 devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001 associate nel modo indicato nella Tab. 11.3.XII

Tabella 11.3.XII.a

	Normali			Alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

Le tensioni di snervamento F_{yb} e di rottura F_{tb} delle viti appartenenti alle classi indicate nella precedente tabella 11.3.XII. a sono riportate nella seguente tabella 11.3.XII. b

Tabella 11.3.XII. b

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Fyb (N/mm ²)	240	300	480	649	900
Fyb (N/mm ²)	400	500	600	800	1000

Bulloni per giunzioni ad attrito (rif. P.to 11.3.4.6.2)

I bulloni per giunzioni ed attrito devono essere conformi alle prescrizioni della Tab. 11.3.XIII Viti e dadi , devono essere associati come indicato nella Tab. 11.3.XII

Tab. 11.3.XIII

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 – 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1:2001	UNI EN 14399:2005 parti 3 e 4
Dadi	8-10 secondo UNI EN 20898-2 :1994	
Rosette	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2:2006 Temperato e rinvenuto HRC 32:40	UNI EN 14399:2005 parti 5 e 6
Piastrine	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2:2006 Temperato e rinvenuto HRC 32:40	

Controlli di accettazione in cantiere (rif. P.to 11.3.4.11.3)

I controlli , demandati al Direttore dei Lavori , sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le indicazione di cui al p.to 11.3.3.5.3 (relativo ai centri di produzione) effettuando un prelievo di 3 saggi ogni 30 T per ogni lotto di spedizione di massimo 30 T . Qualora la fornitura provenga da un centro di trasformazione il Direttore dei Lavori , dopo essersi accertato che il centro di produzione possiede i requisiti previsti al pto 11.3.1.7 può recarsi presso il Centro ed effettuare in stabilimento i controlli di cui sopra . Il prelievo viene eseguito dal Direttore Tecnico di Stabilimento secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori : quest'ultimo deve assicurare mediante sigle , etichettature indelebili ecc che i campioni inviati al laboratorio siano quelli effettivamente prelevati , nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove . Per i prelievi , prove valgono le disposizioni di cui al pto 11.3.3.5.3

Riepilogo proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale

Modulo Elastico: $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$ (210.000 N/mm²)

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0.3$

Modulo di elasticità trasversale: $G = E / [2*(1+\nu)]$ (N/mm²)

Coefficiente di espansione termica lineare: $\alpha = 12*10^{-6}$ per °C⁻¹ (per T < 100°C)

Densità: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Caratteristiche minime dei materiali

	S235	S275	S355	S355
--	-------------	-------------	-------------	-------------

tensione di rottura	360 N/mm ²	430 N/mm ²	510 N/mm ²	550 N/mm ²
tensione di snervamento	235 N/mm ²	275 N/mm ²	355 N/mm ²	440 N/mm ²

MURATURA

(Riferimento D.M. 14.01.2008, 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. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni").

Elementi resistenti in muratura (p.to 4.5.2.2)

Si applicano le prescrizioni di cui al § 11.10.2

Gli elementi artificiali possono essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa oppure parallele secondo le indicazioni del p.to 4.5.2.2

Gli elementi in laterizio vengono classificati secondo la tab. 4.5 la-b per elementi in laterizio e calcestruzzo .

Tabella 4.4.Ia Classificazione elementi in laterizio

Elementi	Percentuale di foratura	Area f della sezione normale del foro
Pieni	$\Phi < / 15\%$	$F < / 9 \text{ cm}^2$
Semipieni	$15\% < / \varphi < / 45\%$	$F < / 12 \text{ cm}^2$
Forati	$45\% < / \varphi < / 55\%$	$F < / 15 \text{ cm}^2$

Tabella 4.4.Ib - Classificazione elementi in calcestruzzo

Elementi	Percentuale di foratura	Area f della sezione normale del foro	
Pieni	$\Phi < / 15\%$	$A < / 900 \text{ cm}^2$	$A > 900 \text{ cm}^2$
		$F < / 0,10 A$	$F < / 0,15$
Semipieni	$15\% < / \varphi < / 45\%$	$F < / 0,10 A$	$F < / 0,15$
Forati	$45\% < / \varphi < / 55\%$	$F < / 0,10 A$	$F < / 0,15$

Prove di accettazione rif. D.M. 14.01.2008 P.to 11.10.1.1 . Resistenza a compressione rif. P.to 11.10.1.1.1

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	--

MALTA PER MURATURA

Le malte devono garantire durabilità e quindi non devono contenere sostanze organiche o grassi o terrose od argillose . Le calce aeree devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalla norma vigente .

Le prestazioni meccaniche delle malte sono quelle indicate nella Tabella 11.10.III

Tabella 11.10.III

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	Md
Resistenza a compressione N/mm ²	2,5	5	10	15	20	d
D è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm ² dichiarata dal produttore						

Malte a composizione prescritta

Classe	Tipo di malta	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	pozzolana
M 2,5	Idraulica	--	--	1	3	--
M 2,5	Pozzolonica	--	1	--	--	3
M 2,5	Bastarda	1	--	2	9	--
M 5	Bastarda	1	--	1	5	--
M8	Cementizia	2	--	1	8	--
M 12	Cementizia	1	--	--	3	--

Resistenza a compressione

Si fa riferimento al p.to 11.10.3.1 DM 14/01/2008

In sede di progetto per la determinazione dei valori di Fk si fa riferimento alla tabella 11.10.V

Tabella 11.10.V – Valori di Fk per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (N/mm²)

Resistenza a compressione F _{bk} dell'elemento N/mm ²	TIPO DI MALTA			
	M15	M10	M5	M 2,5
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	--

Per murature in elementi naturali si assume una resistenza $F_{bk} = 0,75 F_{bm}$ con F_{bm} resistenza media a compressione degli elementi in pietra squadrata .

Il valore della resistenza F_k può essere dedotto dalla F_{bk} e dalla classe di appartenenza della malta tramite la tabella 11.10.VI.

Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali

Si fa riferimento al p.to 11.10.3.2 DM 14/01/2008.

La resistenza caratteristica sperimentale a taglio si determina su n campioni ($n > 6$) con confezioni secondo norme UNI EN 1052-3;2007 e , per quanto applicabile , UNI EN 1052-4;2001

La resistenza caratteristica F_{vko} sarà dedotta dalla resistenza media F_{vm} con la relazione $F_{vko} = 0,7 F_{vm}$.

Stima della resistenza a taglio

In sede di progetto , per le murature con elementi pieni o sem pieni si può fare riferimento per il valore F_{vko} alla tabella 11.10.VII (valida per murature con giunti compresi tra 5 e 15 mm (per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare ; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni .

Tabella 11.10.VII – resistenza a taglio in assenza di tensioni normali F_{vko} (valori in N/mm^2)

Tipo di elemento resistente	Resistenza caratteristica a compressione F_{bk} dell'elemento	Classe di Malta	F_{vko}
Laterizio pieno o sempieno	$F_{bk} > 15$	M10</M</M20	0,30
	$7,5 < F_{bk} < 15$	M5</M</M10	0,20
	$F_{bk} < 7,5$	M 2,5</M</M5	0,10
Calcestruzzo : Silicato di calcio ; cemento Autoclavato ; Pietra naturale squadrata	$F_{bk} > 15$	M10</M</M20	0,20
	$7,5 < F_{bk} < 15$	M5</M</M10	0,15
	$F_{bk} < 7,5$	M 2,5</M</M5	0,10

Resistenza caratteristica a taglio

In presenza di tensioni di compressione la resistenza caratteristica a taglio F_{vk} è definita come resistenza dell'effetto combinato delle forze orizzontali e dei carichi verticali agenti nel piano del muro e può essere ricavata tramite la relazione

$$F_{vk} = F_{vko} + 0,4 \sigma_n$$

Con:

F_{vk} resistenza a taglio in assenza di carichi verticali

σ_n tensione media normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica

Per elementi resistenti artificiali semipieni o forati deve essere soddisfatta la relazione

$$F_{vk} < F_{vk,lim} = 1,4 F_{.bk} \text{ segnato}$$

Con :

F_{vk,lim} = valore massimo della resistenza caratteristica a taglio che può essere impiegata nel calcolo

F_{.bk} segnato valore caratteristico della resistenza degli elementi in direzione orizzontale e nel piano del muro, da ricavare secondo le modalità descritte nella norma della serie UNI EN 771

RESISTENZE DI PROGETTO

Le resistenze di progetto da impiegare ai sensi del p.to 4.5.6.1 del DM 2008 per le verifiche a compressione , pressoflessione e a carichi concentrati (F_d) e a taglio (F_{vd}) valgono :

$$F_d = F_k / (\gamma_M)$$

$$F_{vd} = F_{vk} (\gamma_M)$$

Con

F_k resistenza a compressione della muratura

F_{vk} resistenza caratteristica a taglio della muratura in presenza delle effettive tensioni di compressione valutata con F_{vk} = F_{vk0} + 0,4 σ_n

Il coefficiente γ_M è il coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza a compressione della muratura comprensivo delle incertezze di modello e di geometria fornito dalla Tabella 4.5.II in funzione delle classi di esecuzione (1 o 2)

Tabella 4.5.II . valori del coefficiente γ_M in funzione della classe di esecuzione e della categoria degli elementi resistenti

Materiale	Classe di esecuzione	
	1	2
Muratura con elementi resistenti di categoria I , malta a prestazione garantita	2,0	2,5
Muratura con elementi resistenti di categoria I , malta con composizione prescritta	2,2	2,7
Muratura con elementi resistenti di categoria II , ogni tipo di malta	2,5	3,0

In cui le classi di esecuzione sono indicate al p.to 4.5.6.1 del DM 2008 .

Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale

Modulo Elastico Secante : $E = 1000 F_k$

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0.3$

Modulo di elasticità tangenziale : $G = 0,4 E$

12. Metodologia di calcolo

Sulla struttura **esistente** sono state condotte sui meccanismi di danno .Tali tipi di analisi sono state poi ripetute per l'edificio "**con interventi**", al fine di confrontare i risultati e stabilire l'entità del miglioramento sismico.

13. Prestazioni attese al collaudo

Lo stato tensionale dei singoli elementi resistenti e le deformazioni strutturali sotto l'azione dei carichi di esercizio dovranno essere prossimi e non superiori ai valori che emergono dall'analisi numerica.

14. Software di calcolo utilizzati

Documento di validazione di PCM > Copyright

Copyright



Aedes.PCM

PROGETTAZIONE DI COSTRUZIONI IN MURATURA

Analisi strutturale di costruzioni in muratura secondo la Normativa Tecnica vigente

Documento di validazione

Ultima revisione di questo documento: 26.05.2016

Utilizzo e affidabilità del codice di calcolo

Sono state valutate l'affidabilità del codice di calcolo e la sua idoneità per lo specifico campo di applicazione, le basi teoriche e gli algoritmi impiegati per il calcolo, nonché le modalità utilizzate dal produttore per la validazione del codice.

Dai risultati emersi dall'elaborazione risulta che questi sono congrui a quelli ottenuti dai calcoli di massima effettuati manualmente in occasione del predimensionamento delle strutture in progetto.