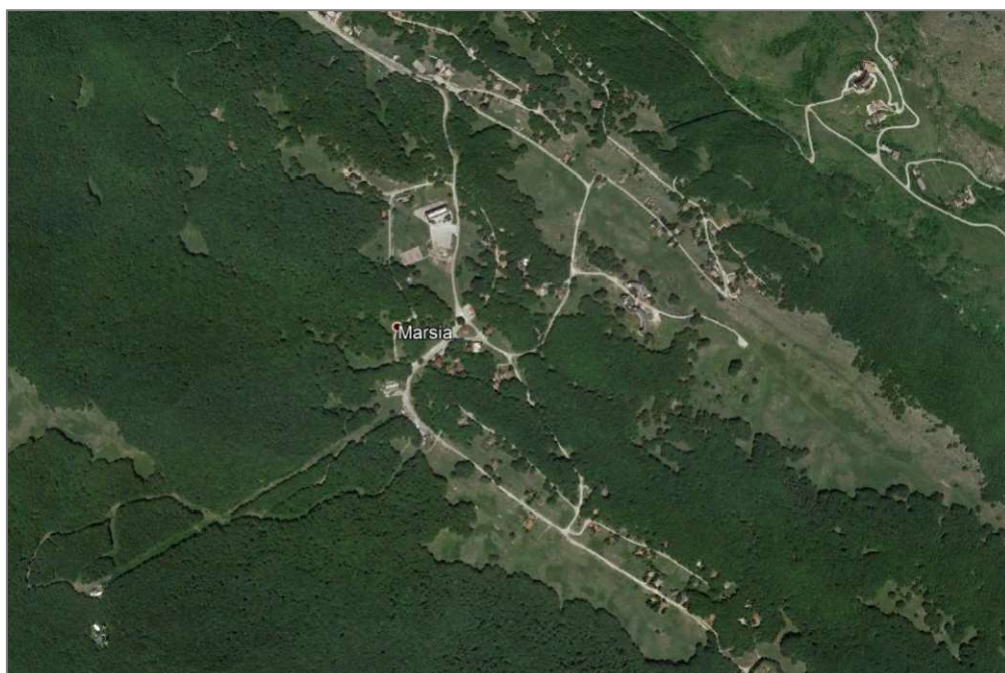


LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA RETE FOGNANTE PER
ACQUE NERE NEL COMPRESORIO TURISTICO DI MARSIA

Fogli N. 37-38



GENNAIO 2023

Tav N.

21

EDIFICIO RICOVERO - STRUTTURALE

Relazione sintetica del progetto strutturale

Progetto esecutivo

Il Committente :

CONSORZIO STRADALE PERMANENTE
DI MARSIA

Il Progettista :

Ing. FRANCO DI GIANNANTONIO

RELAZIONE SINTETICA DEL PROGETTO STRUTTURALE

(regolamento n 3/2015, art. 3, comma 2.c)

A. Descrizione del contesto edilizio e delle caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche del sito oggetto di intervento e con l'indicazione, per entrambe le tematiche, di eventuali problematiche riscontrate e delle soluzioni ipotizzate, tenuto conto anche delle indicazioni degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica e di bacino

Le caratteristiche geologiche, geotecniche morfologiche e idrogeologiche sono state tratte dalla relazione redatta dal dott. geol. Rubeis Luca. Il sito di edificazione nella località definita Marsia a circa 1400 m s.l.m.

Il settore di indagine è caratterizzato dalla presenza di coltri eluvio colluviali d'alterazione dei calcari circostanti TERRE ROSSE, LE QUALI POGGIANO DIRETTAMENTE SUL BEDROCK SIMICO E GEOLOGICO rappresentato dai Calcari a radiolitidi e dall'Associazione arenaceo – pelitica dell'unità del Liri-Tagliacozzo.

L'area in studio sorge a circa 1404 m s.l.m. in una vasta area valliva, sub-pianeggiante, denominata “Il Campo” a ridosso del versante SW della dorsale a sud di M. Bove, il quale è caratterizzato da rocce prevalentemente calcaree. Dalla consultazione del Foglio 367 “TAGLIACOZZO” della Carta Geomorfologica d'Italia, scala 1:50.000, si evidenzia nelle vicinanze una fascia caratterizzata da versanti di faglia con indizi di riattivazione tettonica quaternaria. Lungo la dorsale dei Monti Carseolani ed a sud lungo quella dei Monti Simbruini, l'ambiente predominante è quello carsico caratterizzato da Karren, Sinkhole, ed inghiottitoi.

Il sito non risulta compreso nella Carta degli Scenari di Rischio Frana del Comune di Tagliacozzo (AQ), PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Tevere, DISTRETTO APPENNINO CENTRALE né per quanto riguarda la Pericolosità Idrogeologica tantomeno per ciò che concerne il Rischio

Nei dintorni del sito non sono presenti sorgenti con portate significative. Nell'area del foglio infatti sono presenti innumerevoli sorgenti, queste sono per lo più collocate nelle aree occupate dai depositi torbiditici a contatto tra i litotipi a differente permeabilità e nelle fasce detritiche ai pendii dei versanti. Di notevole importanza sono le sorgenti connesse agli acquiferi carbonatici poste sul versante nord occidentale dei monti Simbruini (Verrecchie – Cappadocia) con portate fino a 1m³/s.

Dal punto di vista sismico il sito ricade nella categoria di sottosuolo C e categoria topografica T1 essendo rilievi isolati con inclinazione < 15°. In corrispondenza del sito non è presente falda idrica superficiale, tale da interessare il volume significativo di terreno del manufatto in progetto.

B. Descrizione generale della struttura, sia in elevazione che in fondazione, e della tipologia di intervento, con indicazione delle destinazioni d'uso previste per la costruzione, dettagliate per ogni livello entro e fuori terra, e dei vincoli imposti dal progetto architettonico.

Oggetto della seguente relazione è il progetto relativo realizzazione di un fabbricato in muratura. L'edificio ha un solo piano fuori terra destinato alla protezione di un impianto di sollevamento. Il fabbricato ha forma rettangolare con dimensioni in pianta 7,00x6.60m. La struttura poggerà su una fondazione superficiale a trave rovescia avente sezione rettangolare di dimensioni 80x40 cm, con sottostante strato di magrone da cm 10. La struttura portante in elevazioni sarà in muratura con muri dello spessore di cm 40 realizzata con elementi artificiale aventi una Res fbk >15 e malta M10. Il solaio di copertura sarà in latero cemento.

C. Normativa tecnica e riferimenti tecnici utilizzati, tra cui le eventuali prescrizioni sismiche contenute negli strumenti di pianificazione territoriale, urbanistica e di bacino.

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle Norme

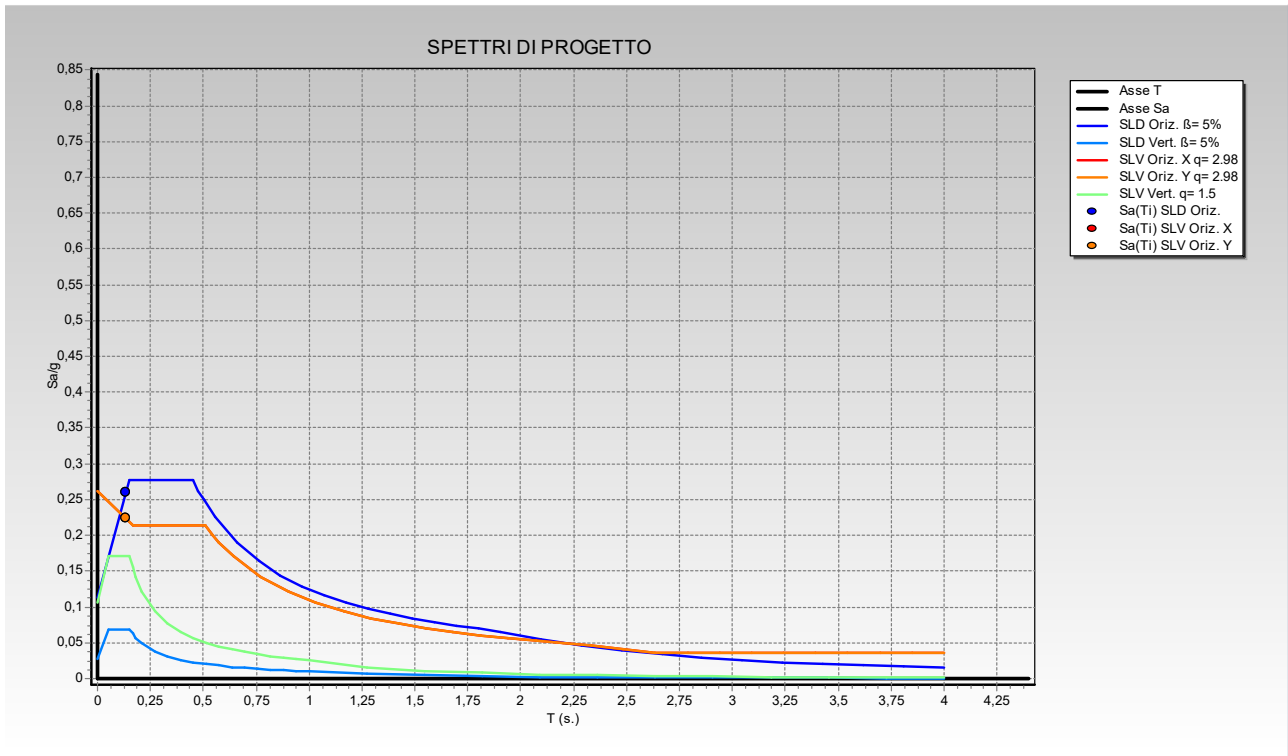
Tecniche per le Costruzioni, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 “Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni”.

D. Definizione dei parametri di progetto che concorrono alla definizione dell’azione sismica di base del sito (vita nominale – VN, classe d’uso, periodo di riferimento – VR, categoria del sottosuolo, categoria topografica, amplificazione topografica, zona sismica del sito, coordinate geografiche del sito), delle azioni considerate sulla costruzione e degli eventuali scenari di azioni eccezionali.

L’edificio è situato nel comune di TAGLIACOZZO, ed i parametri sismici utilizzati sono:

Vita Nominale	50
Classe d’Uso	2
Categoria del Suolo	C
Categoria Topografica	1
Latitudine del sito oggetto di edificazione	42.06705
Longitudine del sito oggetto di edificazione	13.19395

DATI GENERALI DI STRUTTURA			
DATI GENERALI DI STRUTTURA			
PARAMETRI SISMICI			
Vita Nominale (Anni)	50	Classe d’ Uso	II Cu=1.0
Longitudine Est (Grd)	13,19395	Latitudine Nord (Grd)	42,06705
Categoria Suolo	C	Coeff. Condiz. Topogr.	1,00000
Sistema Costruttivo Dir.1	Muratura	Sistema Costruttivo Dir.2	Muratura
Regolarita' in Altezza	SI (KR=1)	Regolarita' in Pianta	SI
Direzione Sisma (Grd)	0	Sisma Verticale	ASSENTE
Effetti P/Delta	NO	Quota di Zero Sismico (m)	0,00000
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.			
Probabilita' Pvr	0,63	Periodo di Ritorno Anni	50,00
Accelerazione Ag/g	0,08	Periodo T'c (sec.)	0,28
Fo	2,47	Fv	0,92
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,50	Periodo TB (sec.)	0,15
Periodo TC (sec.)	0,45	Periodo TD (sec.)	1,90
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.			
Probabilita' Pvr	0,10	Periodo di Ritorno Anni	475,00
Accelerazione Ag/g	0,18	Periodo T'c (sec.)	0,34
Fo	2,43	Fv	1,40
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,43	Periodo TB (sec.)	0,17
Periodo TC (sec.)	0,51	Periodo TD (sec.)	2,33
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO MURATURA - D I R. 1			
Sistema Strutturale	Ordinaria	AlfaU/Alfa1	1,70
Fattore di comportam 'q'	2,98		
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO MURATURA - D I R. 2			
Sistema Strutturale	Ordinaria	AlfaU/Alfa1	1,70
Fattore di comportam 'q'	2,98		
COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI			
Acciaio per CLS armato	1,15	Calcestruzzo CLS armato	1,50
Muratura azioni sismiche	2,00	Murat. Nuova Az. Statiche	2,00
Murat.Esist. Az. Statiche	2,00		
Legno per comb. eccez.	1,00	Legno per comb. fundament.:	1,30
Livello conoscenza	NUOVA COSTRUZIONE		
FRP Collasso Tipo 'A'	1,10	FRP Delaminazione Tipo 'A'	1,20
FRP Collasso Tipo 'B'	1,25	FRP Delaminazione Tipo 'B'	1,50
FRP Resist. Press/Fless	1,00	FRP Resist. Taglio/Torsione	1,20
FRP Resist. Confinamento	1,10		



Analisi dei carichi

ARCHIVIO TIPOLOGIE DI CARICO										
Car. N.ro	Peso Strut. kg/mq	Perman. NONstru. kg/mq	Varia bile kg/mq	Neve kg/mq	Destinaz. d'Uso	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Anal. Car. N.ro	DESCRIZIONE SINTETICA DEL TIPO DI CARICO
1	340	90	50	644	Categ. H	0,0	0,0	0,0		copertura
2	50	60	50	644	Categ. H	0,0	0,0	0,0		sporto di gronda

Le azioni del vento sono state determinate in conformità al §3.3 del D.M. 17/01/18 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Si precisa che tali azioni hanno valenza significativa in caso di strutture di elevata snellezza e con determinate caratteristiche tipologiche come ad esempio le strutture in acciaio.

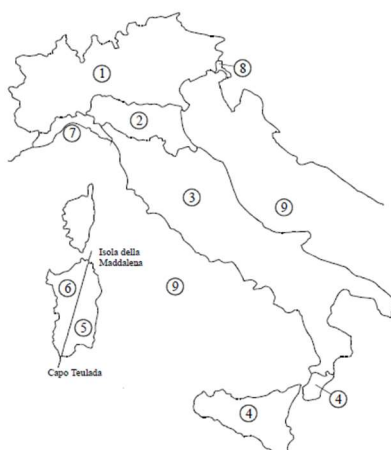


Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

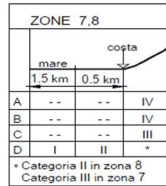
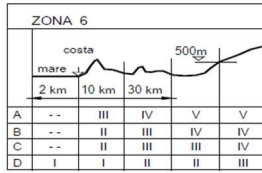
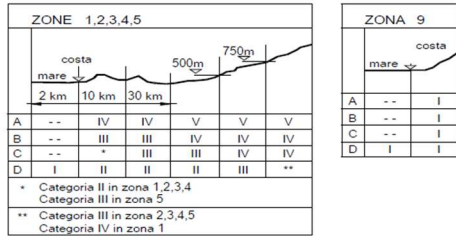


Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

Tabella 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	k_t	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, mura, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici inerbate o ghiacciate, mare, laghi...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe perentaria intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Tabella 3.3.I - Valori dei parametri v_{50} , z_0 , k_t

Zona	Descrizione	v_{50} [m/s]	z_0 [m]	k_t [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0.010
2	Emilia Romagna	25	750	0.015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0.020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0.020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0.015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0.020
7	Liguria	28	1000	0.015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0.010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0.020

Tabella C3.3.I Valori del coefficiente d'attrito

Superficie	Coefficiente d'attrito c_f
Liscia (acciaio, cemento a faccia liscia...)	0.01
Scabra (cemento a faccia scabra, catrame...)	0.02
Molto scabra (ondulata, costolata, piegata...)	0.04

DATI GENERALI DI STRUTTURA			
DATI DI CALCOLO PER AZIONE VENTO			
Zona Geografica	3	Altitudine s.l.m. (m)	1400,00
Distanza dalla costa (km)	85,00	Tempo di Ritorno (anni)	50,00
Classe di Rugosità	B	Coefficiente Topografico	1,00
Coefficiente dinamico	1,00	Coefficiente di attrito	0,01
Velocità di riferim. (m/s)	45,03	Pressione di riferim.(kg/mq)	126,75
Categoria di Esposizione	IV		

Neve

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

$$q_s = \mu_i q_{sk} \cdot C_E \square C_t \quad (\text{Cfr. §3.3.7})$$

dove: q_s è il carico neve sulla copertura;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura, **Azione dovuta alla neve**

Il carico provocato dalla neve sulle coperture, ove presente, è stato valutato mediante la seguente espressione di normativa:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \quad (\text{Cfr. §3.3.7})$$

in cui si ha:

q_s = carico neve sulla copertura;

μ_i = coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr.§ 3.4.5);

q_{sk} = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], fornito al (Cfr.§ 3.4.2) delle N.T.C. 2018

per un periodo di ritorno di 50 anni;

C_E = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr.§ 3.4.3);

C_t = coefficiente termico di cui al (Cfr.§ 3.4.4).

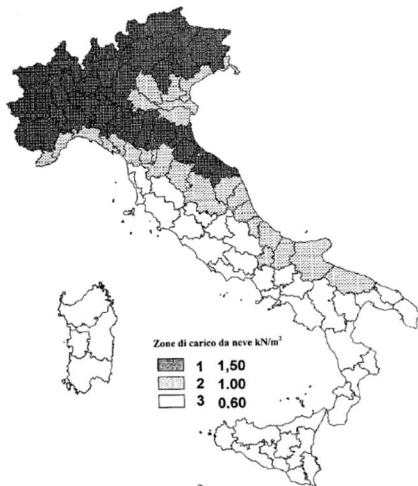


Figura 3.4.1 – Zone di carico da neve

Tabella 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di topografia

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
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.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Tabella 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

DATI DI CALCOLO PER AZIONE NEVE			
Zona Geografica	II	Coefficiente Termico	1,00
Altitudine sito s.l.m. (m)	1400	Coefficiente di forma	0,80
Tipo di Esposizione	Normale	Coefficiente di esposizione	1,00
Carico di riferimento kg/mq	805	Carico neve di calcolo kg/mq	644,00
Il calcolo della neve e' effettuato in base al punto 3.4 del D.M. 2018 e relative modifiche e integrazioni riportate nella Circolare del 21/01/2019			

E. Descrizione dei materiali e dei prodotti per uso strutturale, dei requisiti di resistenza meccanica e di durabilità considerati.

I materiali utilizzati per uso strutturale sono distinti come segue:

Ai sensi delle NTC 18 materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati nelle opere di progetto devono essere:

- *identificati* univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- *qualificati* sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;
- *accettati* dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

OPERE IN CEMENTO ARMATO

Normativa di Riferimento

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 14/01/2008	
CIRCOLARE 2 febbraio 2009 , n. 617 C.S.LL.PP.	
UNI EN 206-1	Calcestruzzo, Specificazione, prestazione, produzione e conformità
UNI 11104	Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

UNI EN 197/1	<i>Requisiti di accettazione dei cementi</i>
ISO 9001:2000	<i>Sistema qualità certificato</i>
UNI 8520 P1.2; 13,14,15,16	<i>Aggregati</i>
UNI EN 12620	<i>Verifica di conformità aggregati</i>
UNI EN 1008:2003	<i>Conformità acqua d'impasto</i>
D.P.R.296/93	<i>Marcatura CE aggregati utilizzati per i calcestruzzi</i>
UNI EN 934/2	<i>Additivi</i>
UNI 7122	<i>Misura acqua d'impasto essudata</i>
UNI EN 12350-7	<i>Misura del contenuto d'aria sul calcestruzzo fresco</i>
UNI EN 45012	<i>Controlli di produzione</i>
UNI 9418	<i>Prova di abbassamento al cono</i>
prEN 13761	<i>Metodi di prova semidistruttivi sul calcestruzzo</i>
UNI 9156	<i>Cementi resistenti ai solfati</i>
UNI EN 450	<i>Ceneri volanti per calcestruzzo</i>
prEN 13263	<i>Fumi di silice per calcestruzzo</i>
UNI 8866	<i>Disarmanti</i>
UNI EN 10080	<i>Acciaio per cemento armato</i>
EUROCODICE 2- UNI ENV 1992	<i>Progettazione delle strutture in c.a.</i>
E16.12.660.0	<i>proposta Italiana al Comitato ECISS TC19 SC1 per la norma prCEN/TS 10081</i>

Valori di calcolo calcestruzzi per c.a.

Caratteristiche, modalità di posa in opera e valori di calcolo

Elenco dei materiali impiegati:

Parte d'opera:	MAGRONE SOTTOFONDAZIONE
Caratteristiche del calcestruzzo	
Classe di resistenza:	C12/15 (Rck minima 15 N/mm²)
Classe di esposizione (UNI EN 206-1:2006 – prospetto 1):	X0
Tipo di cemento (legante):	CEM - IIA 32.5 R
Dosaggio (Rapp. massimo acqua/cemento) :	0,65
Aggregati (inerti):	diametro massimo 26 mm
Classe di consistenza (UNI EN 206-1:2006- prospetto 3):	S4 - fluida [abbassamento al cono (slump) da 160 a 210 mm]

Parte d'opera:	TRAVI FONDAZIONE
Caratteristiche del calcestruzzo	
Classe di resistenza:	C25/30 (Rck minima 30 N/mm²)
Classe di esposizione (UNI EN 206-1:2006 – prospetto 1):	ORDIN. X0
Tipo di cemento (legante):	CEM II/A - 42,5R
Dosaggio (Rapp. massimo acqua/cemento) :	0,65
Aggregati (inerti):	diametro massimo 26 mm
Classe di consistenza (UNI EN 206-1:2006- prospetto 3):	S4 - fluida [abbassamento al cono (slump) da 160 a 210 mm]
Caratteristiche armatura	
classe di resistenza acciaio:	B450C
copriferro minimo staffe/ferri long [cm]:	2,0
tipo di armatura:	POCO SENS.

Parte d'opera:	TRAVI ELEVAZIONE
Caratteristiche del calcestruzzo	
Classe di resistenza:	C25/30 (Rck minima 30 N/mm²)
Classe di esposizione (UNI EN 206-1:2006 – prospetto 1):	ORDIN. X0
Tipo di cemento (legante):	CEM II/A - 42,5R
Dosaggio (Rapp. massimo acqua/cemento) :	0,65

Aggregati (inerti):	diámetro massimo 26 mm
Classe di consistenza (UNI EN 206-1:2006-prospetto 3):	S4 - fluida [abbassamento al cono (slump) da 160 a 210 mm]
classe di resistenza acciaio:	B450C
copriferro minimo staffe/ferri long [cm]:	2,0
tipo di armatura:	POCO SENS.

Prescrizioni per c.a.

L'acqua di impasto per il confezionamento dei calcestruzzi deve essere limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) o in percentuali non dannose, non essere aggressiva. Le caratteristiche dell'acqua devono essere conformi alla norma UNI EN 1008: 2003.

Gli aggregati idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale sono ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali o di frantumazione, costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, ecc., ovvero in proporzione non nocive all'indurimento del conglomerato ed alla conservazione delle armature metalliche. Sono ammessi anche aggregati provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620.

Gli additivi devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

Il calcestruzzo va prodotto in regime di controllo di qualità, con lo scopo di garantire che rispetti le prescrizioni definite in sede di progetto (NTC 08 § 11.2.2).

Il controllo si articola nelle seguenti fasi:

Valutazione preliminare della resistenza

Serve a determinare, prima dell'inizio della costruzione delle opere, la miscela per produrre il calcestruzzo con la resistenza caratteristica di progetto.

Controllo di produzione

Riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo durante la produzione del calcestruzzo stesso.

Controllo di accettazione

Riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo prodotto durante l'esecuzione dell'opera, con prelievo effettuato contestualmente al getto dei relativi elementi strutturali.

Prove complementari

Sono prove che vengono eseguite, ove necessario, a complemento delle prove di accettazione.

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, sono eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Messa in opera del calcestruzzo

La messa in opera del calcestruzzo comprende le operazioni di movimentazione e getto del materiale nelle apposite casseforme.

Per assicurare la migliore riuscita del getto, la messa in opera del calcestruzzo richiede una serie di verifiche preventive che riguardano, oltre che le casseforme e i ferri d'armatura, anche l'organizzazione e l'esecuzione delle operazioni di getto, di protezione e di stagionatura del calcestruzzo.

Movimentazione del calcestruzzo

La movimentazione del calcestruzzo dal mezzo di trasporto al punto di messa in opera può essere effettuata mediante uno dei seguenti dispositivi: canaletta, benna, nastro trasportatore, pompa. Il mezzo deve essere scelto tenendo in considerazione le caratteristiche del calcestruzzo allo stato fresco, la distanza tra il punto d'arrivo del mezzo e quello di getto, le condizioni climatiche, la conformazione delle casseforme e del cantiere, le attrezzature di compattazione disponibili e la velocità d'avanzamento prevista.

Operazioni di getto

E' necessario stabilire un programma di verifiche comprendenti:

- il coordinamento con la Direzione Lavori, con il progettista, con i laboratori esterni per ispezioni, verifiche, prelievi di campioni e prove a piè d'opera
- l'istruzione ed il coordinamento con i fornitori e subappaltatori, per la consegna del calcestruzzo con le caratteristiche prescritte
- per il calcestruzzo preconfezionato, le istruzioni circa le prestazioni, il programma della fornitura, l'eventuale necessità della pompa con relative caratteristiche
- l'istruzione agli operatori per organizzare la messa in opera, compattazione e stagionatura del calcestruzzo, in funzione dei volumi, delle sequenze e degli spessori dei getti, della movimentazione e

vibrazione del materiale, della protezione e stagionatura della struttura, delle condizioni climatiche, nonché delle eventuali superfici di contatto.

L'impresa esecutrice è tenuta a comunicare con dovuto anticipo al Direttore dei Lavori il programma dei getti indicando:

- il luogo di getto
- la struttura interessata dal getto
- la classe di resistenza e di consistenza del calcestruzzo.

I getti dovranno avere inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori avrà verificato:

- la preparazione e rettifica dei piani di posa
- la pulizia delle casseforme
- la posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro
- la posizione delle eventuali guaine dei cavi di precompressione
- la posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.)
- l'umidificazione a rifiuto delle superfici assorbenti o la stesura del disarmante.

Durante lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto entro le casseforme è necessario applicare tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. In particolare è necessario che l'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco non ecceda 50-80 cm e che lo spessore degli strati orizzontali di calcestruzzo, misurato dopo la vibrazione, non sia maggiore di 30 cm.

Si deve evitare di scaricare il calcestruzzo in cumuli da stendere poi successivamente con l'impiego dei vibratori, in quanto questo procedimento può provocare l'affioramento della pasta cementizia e la segregazione.

Nei getti in pendenza è opportuno predisporre dei cordolini d'arresto atti ad evitare la formazione di lingue di calcestruzzo tanto sottili da non poter essere compattate in modo efficace.

Riprese di getto

Per quanto possibile, i getti devono essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare le riprese e conseguire la necessaria continuità strutturale. Per ottenere ciò è opportuno ridurre al minimo il tempo di ricopertura tra gli strati successivi, in modo che, mediante vibrazione, si ottenga la monoliticità del calcestruzzo.

Ove le riprese di getto siano inevitabili a giudizio della Direzione Lavori o siano previste da progetto è necessario che la superficie del getto su cui si prevede la ripresa sia lasciata quanto più possibile corrugata. Alternativamente la superficie deve essere scalfita (e pulita dai detriti), in modo da migliorare l'adesione con il getto successivo. L'adesione può essere migliorata con specifici adesivi per ripresa di getto (resine), o con tecniche diverse che prevedono l'utilizzo d'additivi ritardanti o ritardanti superficiali da aggiungere al calcestruzzo o da applicare sulla superficie.

Anche se le soluzioni sopraindicate mirano ad ottenere il monolitismo tra i getti successivi, per assicurare la continuità strutturale, le riprese di getto devono essere orientate su piani quanto più possibili ortogonali alla direzione dei flussi di compressione che si destano poi nella struttura in servizio, in modo da garantire un'imposta efficace per tali compressioni.

Le armature metalliche (barre) attraversanti le superfici di ripresa, in grado per loro natura di resistere al taglio, funzionano come elementi tesi nei tralicci virtuali resistenti agli scorrimenti derivanti dagli sforzi di taglio, mentre gli elementi compressi sono costituiti da aste virtuali di calcestruzzo che però, come si è detto in precedenza, hanno bisogno di trovare una buona imposta ortogonale rispetto al loro asse .

Tra le riprese di getto sono da evitare i distacchi, le discontinuità o le differenze d'aspetto e colore.

Compattazione del calcestruzzo

Quando il calcestruzzo fresco è versato nella cassaforma, contiene molti vuoti e tasche d'aria racchiusa tra gli aggregati grossolani rivestiti parzialmente da malta. Il volume di tale aria, che si aggira tra il 5 ed il 20 %, dipende dalla consistenza del calcestruzzo, dalla dimensione della cassaforma, dalla distribuzione e dall'addensamento delle barre d'armatura e dal modo con cui il calcestruzzo è stato versato nella cassaforma. Se il calcestruzzo indurisse in questa condizione risulterebbe disomogeneo, poroso, poco resistente e scarsamente aderente alle barre d'armatura. Per raggiungere le proprietà desiderate, il calcestruzzo fresco deve essere compattato in modo che le particelle solide del si serrano tra loro riducendo i vuoti.

La compattazione avverrà mediante vibratori interni.

La vibrazione è un processo che consiste nell'imporre al calcestruzzo fresco rapide vibrazioni che fluidificano la malta e drasticamente riducono l'attrito interno esistente tra gli aggregati. In questa condizione il calcestruzzo si assesta per effetto della forza di gravità, fluisce nelle casseforme, avvolge le

armature ed espelle l'aria intrappolata. Al termine della vibrazione l'attrito interno ristabilisce lo stato di quiete e il calcestruzzo risulta denso e compatto.

I vibratorii interni, detti anche ad immersione o ad ago sono costituiti da una sonda o ago, contenente un albero eccentrico azionato da un motore tramite una trasmissione flessibile. Il loro raggio d'azione, in relazione al diametro, varia tra 0,2 e 0,6 m mentre la frequenza di vibrazione, quando il vibratore è immerso nel calcestruzzo, è compresa tra 90 e 250 Hz.

Per effettuare la compattazione l'ago vibrante è introdotto verticalmente, è spostato da punto a punto nel calcestruzzo, con tempi di permanenza da 5 a 30 sec. L'effettivo completamento della compattazione può essere valutato dall'aspetto della superficie, che non deve essere né porosa né eccessivamente ricca di malta. L'estrazione dell'ago deve essere graduale ed effettuata in modo da permettere la richiusura del foro da esso lasciato. L'ago deve essere introdotto per l'intero spessore del getto fresco, e per 5-10 cm in quello sottostante, se questo è ancora lavorabile. In tal modo si ottiene un adeguato legame tra gli strati e si impedisce la formazione di un "giunto freddo" tra due strati di getti sovrapposti. I cumuli che inevitabilmente si formano quando il calcestruzzo è versato nei casseri devono essere livellati inserendo il vibratore entro la loro sommità. Per evitare la segregazione, il calcestruzzo non deve essere spostato lateralmente con i vibratorii mantenuti in posizione orizzontale, operazione che comporterebbe un forte affioramento di pasta cementizia con contestuale sedimentazione degli aggregati grossi.

La vibrazione ottenuta affiancando il vibratore alle barre d'armatura è tollerata solo se l'addensamento tra le barre impedisce l'ingresso del vibratore ed a condizione che, non ci siano sottostanti strati di calcestruzzo in fase d'indurimento.

Qualora il getto comporti la messa in opera di più strati, si dovrà programmare la consegna del calcestruzzo in modo che ogni strato sia disposto sul precedente quando questo è ancora allo stato plastico così da evitare i "giunti freddi".

Stagionatura e protezione del calcestruzzo

Dopo la messa in opera e la compattazione, il calcestruzzo deve essere stagionato e protetto dall'essiccamento in modo da:

- evitare l'interruzione dell'idratazione
- ridurre il ritiro in fase plastica e nella fase iniziale dell'indurimento (1 - 7gg)
- far raggiungere un'adeguata resistenza meccanica alla struttura
- ottenere un'adeguata compattezza e durabilità della superficie
- migliorare la protezione nei riguardi delle condizioni climatiche (temperatura, umidità, ventilazione)
- evitare vibrazioni, impatti, o danneggiamenti sia alla struttura che alla superficie, ancora in fase di indurimento.

La stagionatura comprende i processi durante i quali il calcestruzzo fresco sviluppa gradualmente le sue proprietà per effetto della progressiva idratazione del cemento. La velocità di idratazione dipende dalle condizioni climatiche d'esposizione e dalle modalità di scambio d'umidità e calore tra il calcestruzzo e l'ambiente.

Si definisce "ordinaria" la stagionatura del calcestruzzo che avviene a temperatura ambiente (5 - 35°C) con esclusione d'ogni intervento esterno di riscaldamento o raffreddamento.

La sensibilità del calcestruzzo nei riguardi della stagionatura dipende:

- dalla composizione: rapporto a/c, tipo e classe di cemento, qualità e quantità delle aggiunte e degli additivi; si ricordi che gli impasti preparati con cementi ad indurimento lento richiedono tempi di stagionatura umida più lunghi.
- dalla temperatura del calcestruzzo: la velocità d'indurimento a 35° C è doppia di quella che si sviluppa a 20° C che, a sua volta, è doppia di quella che si ha a 10° C.
- dalle condizioni ambientali esterne: umidità relativa, temperatura e velocità del vento.

Getti in clima freddo

Si definisce "clima freddo" una condizione climatica in cui, per tre giorni consecutivi, si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

- la temperatura media dell'aria è inferiore a 5 °C
- la temperatura dell'aria non supera 10°C per più di 12 ore.

Prima del getto si deve verificare che tutte le superfici a contatto con il calcestruzzo siano a temperatura > +5°C. La neve ed il ghiaccio, se presenti, devono essere rimossi immediatamente prima del getto dalle casseforme, dalle armature e dal fondo.

I getti all'esterno devono essere sospesi se la temperatura dell'aria è $\leq 0^{\circ}\text{C}$; tale limitazione non si applica nel caso di getti in ambiente protetto o qualora siano predisposti opportuni accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori (es. riscaldamento dei costituenti il calcestruzzo, riscaldamento dell'ambiente, etc).

Il calcestruzzo deve essere protetto dagli effetti del clima freddo durante tutte le fasi di preparazione, movimentazione, messa in opera, maturazione.

Si consiglia di coibentare la cassaforma fino al raggiungimento della resistenza prescritta; in fase di stagionatura, si consiglia di ricorrere all'uso di agenti anti-evaporanti nel caso di superfici piane, o alla copertura negli altri casi, e di evitare ogni apporto d'acqua sulla superficie.

Nel caso in cui le condizioni climatiche portino al congelamento dell'acqua prima che il calcestruzzo abbia raggiunto una sufficiente resistenza alla compressione (5 N/mm²), il conglomerato può danneggiarsi in modo irreversibile.

Il valore limite (5 N/mm²) corrisponde ad un grado d'idratazione sufficiente a ridurre il contenuto in acqua libera e a formare un volume d'idrati in grado di ridurre gli effetti negativi dovuti al gelo.

Durante le stagioni intermedie e/o in condizioni climatiche particolari nel corso delle quali c'è comunque possibilità di gelo, tutte le superfici del calcestruzzo vanno protette, dopo la messa in opera, per almeno 24 ore. La protezione nei riguardi del gelo durante le prime 24 ore non impedisce comunque un ritardo, anche sensibile, nell'acquisizione delle resistenze nel tempo.

Durante il periodo freddo è rilevante l'effetto protettivo delle casseforme: ad esempio, quelle metalliche offrono una protezione efficace solo se sono opportunamente coibentate.

Al termine del periodo di protezione, necessario alla maturazione, il calcestruzzo deve essere raffreddato gradatamente per evitare il rischio di fessure provocate dalla differenza di temperatura tra parte interna ed esterna. La diminuzione di temperatura sulla superficie del calcestruzzo, durante le prime 24 ore, non dovrebbe superare i valori riportati in tabella. Si consiglia di allontanare gradatamente le protezioni facendo in modo che il calcestruzzo raggiunga gradatamente l'equilibrio termico con l'ambiente.

Getti in clima caldo

Il clima caldo influenza la qualità sia del calcestruzzo fresco, che di quello indurito. Infatti provoca una troppo rapida evaporazione dell'acqua di impasto ed una velocità di idratazione del cemento eccessivamente elevata. Le condizioni che caratterizzano il clima caldo sono:

- temperatura ambiente elevata
- bassa umidità relativa
- forte ventilazione (non necessariamente nella sola stagione calda)
- forte irraggiamento solare
- temperatura elevata del calcestruzzo.

I potenziali problemi per il calcestruzzo fresco riguardano:

- aumento del fabbisogno d'acqua
- veloce perdita di lavorabilità e conseguente tendenza a rapprendere nel corso della messa in opera
- riduzione del tempo di presa con connessi problemi di messa in opera, di compattazione, di finitura e rischio di formazione di giunti freddi
- tendenza alla formazione di fessure per ritiro plastico
- difficoltà nel controllo dell'aria inglobata.

I potenziali problemi per il calcestruzzo indurito riguardano:

- riduzione della resistenza a 28 giorni e penalizzazione nello sviluppo delle resistenze a scadenze più lunghe, sia per la maggior richiesta di acqua, sia per effetto del prematuro indurimento del calcestruzzo
- maggior ritiro per perdita di acqua
- probabili fessure per effetto dei gradienti termici (picco di temperatura interno e gradiente termico verso l'esterno)
- ridotta durabilità per effetto della diffusa micro-fessurazione
- forte variabilità nella qualità della superficie dovuta alle differenti velocità di idratazione
- maggior permeabilità.

Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non deve superare 35°C ; tale limite dovrà essere convenientemente ridotto nel caso di getti di grandi dimensioni.

Esistono diversi metodi per raffreddare il calcestruzzo; il più semplice consiste nell'utilizzo d'acqua fredda. Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo si possono aggiungere additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, preventivamente autorizzati

Disarmo

Il disarmo comprende le fasi che riguardano la rimozione delle casseforme e delle strutture di supporto; queste non possono essere rimosse prima che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza sufficiente a:

- sopportare le azioni applicate
- evitare che le deformazioni superino le tolleranze specificate
- resistere ai deterioramenti di superficie dovuti al disarmo.

Durante il disarmo è necessario evitare che la struttura subisca colpi, sovraccarichi e deterioramenti, adottando i provvedimenti necessari.

I carichi sopportati da ogni centina devono essere rilasciati gradatamente, in modo tale che gli elementi di supporto contigui non siano sottoposti a sollecitazioni brusche ed eccessive.

La stabilità degli elementi di supporto e delle casseforme deve essere assicurata e mantenuta durante l'annullamento delle reazioni in gioco e lo smontaggio.

Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive.

Si può procedere alla rimozione delle casseforme dai getti solo quando è stata raggiunta la resistenza di progetto e comunque non prima dei tempi prescritti nei decreti attuativi della Legge n° 1086/71; in ogni caso il disarmo deve essere autorizzato e concordato con la Direzione Lavori.

Si deve porre attenzione ai periodi freddi, quando le condizioni climatiche rallentano lo sviluppo delle resistenze del calcestruzzo, come pure al disarmo ed alla rimozione delle strutture di sostegno delle solette e delle travi.

In caso di dubbio, prima di procedere al disarmo è opportuno verificare la resistenza meccanica reale del calcestruzzo.

Casseforme

Le casseforme e le relative strutture di supporto devono essere progettate e realizzate in modo da sopportare le azioni alle quali sono sottoposte nel corso della messa in opera del calcestruzzo e da essere abbastanza rigide per garantire il rispetto delle dimensioni geometriche e delle tolleranze previste.

Per rispettare le quote e le tolleranze geometriche progettuali, le casseforme devono essere indeformabili quando, nel corso della messa in opera, sono assoggettate alla pressione del calcestruzzo ed alla vibrazione.

La tenuta dei giunti degli elementi che compongono la cassaforma deve essere curata per evitare che la fase liquida del calcestruzzo, o boiaccia, fuoriesca provocando nidi di ghiaia oltre a difetti estetici sulla superficie del getto, eterogeneità nella tessitura e nella colorazione.

Le casseforme, prima del montaggio, richiedono il trattamento con un agente (prodotto) disarmante, che agevola il distacco dal calcestruzzo in fase di disarmo. Inoltre i prodotti disarmanti svolgono anche altre funzioni quali: la protezione della superficie delle casseforme metalliche dall'ossidazione e della corrosione, l'impermeabilizzazione dei pannelli di legno, il miglioramento della qualità della superficie del calcestruzzo.

Prima del getto, le casseforme assorbenti, costituite da tavole o pannelli di legno non trattato od altri materiali assorbenti, ed il calcestruzzo già in fase di stagionatura vanno abbondantemente irrorati con acqua fino alla saturazione, in modo da evitare che assorbano l'acqua d'impasto del calcestruzzo fresco.

Il copriferro minimo deve essere di cm 2, misurati dal lato interno della cassaforma fino alla parte esterna del ferro d'armatura più vicino, staffe comprese. Per rispettare lo spessore del copriferro rispetto al lato interno della cassaforma si dovranno predisporre opportune guide o riscontri che contrastano l'effetto della pressione esercitata dal calcestruzzo.

Acciaio per cemento armato

Caratteristiche, modalità di posa in opera e valori di calcolo

Per la realizzazione del cemento armato di tutte le parti d'opera saranno utilizzati ferri d'armatura con le caratteristiche e con le modalità di posa in opera come di seguito descritto.

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati e controllati secondo le procedure di cui alle NTC 08 § 11.3.1.2 e § 11.3.2.11.

Il **ferro d'armatura** per il cemento armato sarà in barre in acciaio ad aderenza migliorata del tipo B450C (NTC 08 11.3.2), caratterizzato dai seguenti valori:

Tabella 11.3.Ia Valori nominali acciaio tipo B450C

Valore nominale tensione caratteristica di snervamento	$f_y \text{ nom}$	450 N/mm ²
Valore nominale tensione caratteristica a rottura	$f_t \text{ nom}$	540 N/mm ²

Tabella 11.3.Ib Requisiti acciaio tipo B450C

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t \text{ nom}}$	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		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ	
$12 < \phi < 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
$16 < \phi < 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
$25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	

La deviazione ammissibile per le barre d'acciaio deve essere compresa nei valori riportati in tabella seguente:

Tabella 11.3.III Deviazione ammissibile per barre d'acciaio

Diametro nominale, (mm)	$5 \leq \Phi \leq 8$	$8 < \Phi \leq 40$
Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego	± 6	$\pm 4,5$

Durante la realizzazione delle opere in cemento armato dovrà essere rispettata la misura minima di cm 2 per il copriferro.

Per gli acciai destinati ad utilizzo come armature per cemento armato ordinario sono previste tre forme di controllo obbligatorie:

- in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- nei centri di trasformazione, da eseguirsi sulle forniture;
- di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione.

A tale riguardo si definiscono:

Lotti di produzione: si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (rotolo finito, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.).

Un lotto di produzione deve avere valori delle grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) e può essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.

Forniture: sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

Lotti di spedizione: sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

Controllo in stabilimento

Gli acciai destinati ad utilizzo come armature per cemento armato ordinario devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione (NTC 08 § 11.3.1.2).

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

Il controllo in stabilimento deve avvenire secondo una Procedura di Qualificazione del Prodotto, da qualificare a cura del Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei lavori pubblici che rilascia, dopo le necessarie verifiche, un Attestato di Qualificazione.

Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo il rilascio dell'Attestato di Qualificazione, che ha validità 5 (cinque) anni.

Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati

L'acciaio per armature per cemento armato ordinario, in quanto prodotto qualificato, deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per quanto possibile il produttore è tenuto a marciare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marchiatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.) il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio nonché al lotto di produzione e alla data di produzione.

La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Forniture e documentazione di accompagnamento

Tutte le forniture di acciaio per armatura devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale.

L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

Controlli di accettazione in cantiere (NTC 08 11.3.2.10.4)

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione in ragione di 3 spezzoni, marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente:

Tabella 11.3.VI – Valori di accettazione per acciaio tipo B450C

Caratteristica	Valore limite	NOTE
f_y minimo	425 N/mm ²	(450 – 25) N/mm ²
f_y massimo	572 N/mm ²	[450 x (1,25+0,02)] N/mm ²
Agt minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
Rottura/snervamento	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per tutti i tipi di acciaio

La superficie delle armature deve essere esente da ruggine e da sostanze che possono deteriorare le proprietà dell'acciaio o del calcestruzzo o l'aderenza fra loro.

Il taglio e la curvatura dei ferri d'armatura devono essere effettuati secondo le prescrizioni di progetto.

E' sempre comunque opportuno che:

- la curvatura sia effettuata con progressione regolare;
- la curvatura a temperatura inferiore a 5°C sia autorizzata dalla Direzione Lavori, che fisserà le eventuali precauzioni;

-sia evitato il riscaldamento delle barre per facilitarne la curvatura.

Assemblaggio e messa in opera delle armature

Le armature devono essere messe in opera secondo le posizioni, le prescrizioni e le indicazioni dei disegni e dei documenti di progetto.

Deve inoltre essere rispettato lo spessore del copriferro specificato. Allo scopo, come già accennato, è opportuno utilizzare adeguati distanziatori. Data la classe di esposizione del calcestruzzo XC1 e XC2 (vedi capitolo precedente) non sono ammessi distanziali in acciaio a contatto con la superficie esterna del calcestruzzo, a meno che non siano in acciaio inossidabile.

Il copriferro è la distanza tra le superfici dell'armatura metallica più esterna comprensiva di legature e la superficie esterna più prossima del calcestruzzo (per esempio: nelle travi distanza tra cassaforma e staffa o tra estradosso e staffa, nei setti in elevazione distanza tra cassaforma e ferro più vicino, ecc.). Esso costituisce uno strato di protezione per le armature dal contatto con aria o agenti corrosivi.

La misura del copriferro, indicata anche nei disegni di progetto, è definita da un valore minimo comprensivo della tolleranza sui diametri delle barre (vedi precedente tabella 11.3.III).

Giunzioni

Le giunzioni sono indicate nel progetto e devono essere eseguite nel massimo rispetto delle stesse prescrizioni progettuali.

Le giunzioni saranno effettuate mediante legature con fil di ferro, sovrapponendo le barre come indicato nel progetto e prestando particolare attenzione alle giunzioni al centro delle campate ed in appoggio.

Non sono previste giunzioni per saldatura.

NUOVA MURATURA:

Per la nuova muratura verrà utilizzato un elemento in laterizio idoneo per le zone sismiche avente una resistenza caratteristica a compressione pari ad almeno 15 N/mm² ed una malta secondo il p.to 11.10.2.1 nelle NTC2018 tipo M10.

A seguito di tali caratteristiche la muratura avrà i seguenti parametri meccanici:

Resistenza media a compressione della muratura: $f_{km} = 67 \text{ kg/cm}^2$

Resistenza media a taglio della muratura: $f_{kv} = 3 \text{ kg/cm}^2$

Modulo di elasticità normale: $E = 67000 \text{ Kg/cm}^2$

Modulo di elasticità tangenziale: $G = 26800 \text{ Kg/cm}^2$

Peso specifico della muratura: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

F. Illustrazione dei criteri di progettazione e di modellazione: classe di duttilità – CD, regolarità in pianta ed in alzato, tipologia strutturale, fattore di struttura – q e relativa giustificazione, stati limite indagati, giunti di separazione fra strutture contigue, criteri per la valutazione degli elementi non strutturali e degli impianti, requisiti delle fondazioni e collegamenti tra fondazioni, vincolamenti interni e/o esterni, schemi statici adottati.

Il progetto dell'opera è stato eseguito con l'ausilio di modelli FEM che rappresentano fedelmente le reali geometrie e le proprietà dei materiali.

DATI GENERALI DI STRUTTURA			
DATI GENERALI DI STRUTTURA			
Massima dimens. dir. X (m)	6,60	Altezza edificio (m)	3,70
Massima dimens. dir. Y (m)	6,20	Differenza temperatura(°C)	15
PARAMETRI SISMICI			
Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	II Cu=1.0
Longitudine Est (Grd)	13,19395	Latitudine Nord (Grd)	42,06705
Categoria Suolo	C	Coeff. Condiz. Topogr.	1,00000
Sistema Costruttivo Dir.1	Muratura	Sistema Costruttivo Dir.2	Muratura
Regolarità in Altezza	SI (KR=1)	Regolarità in Pianta	SI
Direzione Sisma (Grd)	0	Sisma Verticale	ASSENTE
Effetti P/Delta	NO	Quota di Zero Sismico (m)	0,00000
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.			
Probabilità Pvr	0,63	Periodo di Ritorno Anni	50,00
Accelerazione Ag/g	0,08	Periodo T'c (sec.)	0,28

Fo	2,47	Fv	0,92
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,50	Periodo TB (sec.)	0,15
Periodo TC (sec.)	0,45	Periodo TD (sec.)	1,90
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.			
Probabilita' Pvr	0,10	Periodo di Ritorno Anni	475,00
Accelerazione Ag/g	0,18	Periodo T'c (sec.)	0,34
Fo	2,43	Fv	1,40
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,43	Periodo TB (sec.)	0,17
Periodo TC (sec.)	0,51	Periodo TD (sec.)	2,33
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO MURATURA - D I R. 1			
Sistema Strutturale	Ordinaria	AlfaU/Alfa1	1,70
Fattore di comportam 'q'	2,98		
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO MURATURA - D I R. 2			
Sistema Strutturale	Ordinaria	AlfaU/Alfa1	1,70
Fattore di comportam 'q'	2,98		
COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI			
Acciaio per CLS armato	1,15	Calcestruzzo CLS armato	1,50
Muratura azioni sismiche	2,00	Murat. Nuova Az. Statiche	2,00
Murat.Esist. Az. Statiche	2,00		
Legno per comb. eccez.	1,00	Legno per comb. fundament.:	1,30
Livello conoscenza	NUOVA		
	COSTRUZIONE		
FRP Collasso Tipo 'A'	1,10	FRP Delaminazione Tipo 'A'	1,20
FRP Collasso Tipo 'B'	1,25	FRP Delaminazione Tipo 'B'	1,50
FRP Resist. Press/Fless	1,00	FRP Resist. Taglio/Torsione	1,20
FRP Resist. Confinamento	1,10		

Tipo Analisi svolta

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare. Per quanto riguarda le azioni sismiche, tenendo conto che la struttura è di limitata altezza, approssimativamente simmetrica nelle due direzioni e che i modi superiori sono trascurabili, si è optato per l'analisi dinamica con spettro elastico di progetto e fattore di struttura. Nell'analisi sono state considerate le eccentricità accidentali pari al 5% della dimensione della struttura nella direzione trasversale al sisma.

Le travi ed i pilastri sono state schematizzate con elementi trave a due nodi deformabili assialmente, a flessione e taglio utilizzando funzioni di forma cubiche di Hermite, modello finito che ha la caratteristica di fornire la soluzione esatta in campo elastico lineare per cui non necessita di ulteriori suddivisioni interne degli elementi strutturali.

Modellazione dei vincoli interni ed esterni

Il collegamento della struttura al suolo è stato schematizzato con vincoli ad incastro dei pilastri. I vincoli interni, nodi pilastro travi, sono stati considerati come incastri. Il solaio di copertura, essendo realizzato con struttura secondaria in legno e tavolato, è stato considerato come un piano deformabile in modo da consentire gli spostamenti reciproci dei nodi. Nella travi della copertura in legno lamellare si sono inseriti i soli vincoli di cerniera per avere una modellazione più aderente alla situazione reale.

G. Indicazione delle principali combinazioni delle azioni in relazione agli SLU e SLE indagati: coefficienti parziali per le azioni, coefficienti di combinazione.

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire “combinato con”.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 form. 3.2.16 delle N.T.C. 2018.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

I valori dei coefficienti ψ_{2j} sono riportati nella Tabella 2.5.I

COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle N.T.C. 2018 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Categoria/Azione variabile	ψ	ψ	ψ
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,	0,	0,
Categoria B Uffici	0,	0,	0,
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,	0,	0,
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,	0,	0,
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso	1,	0,	0,
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,	0,	0,
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,	0,	0,
Categoria H Coperture	0,	0,	0,
Vento	0,	0,	0,
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,	0,	0,
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,	0,	0,
Variazioni termiche	0,	0,	0,

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. 2018 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

H. Indicazione motivata del metodo di analisi seguito per l'esecuzione della stessa: analisi lineare o non lineare (precisazione del fattore $\Theta = P \cdot d / V \cdot h$), analisi statica o dinamica (periodo $T_1 < 2.5 T_C$ o T_D , regolarità in altezza). Nel dettaglio deve essere esplicitato se trattasi di:

- a. analisi lineare statica;
- b. analisi lineare dinamica (numero modi considerati e relative masse partecipanti);

- c. **analisi non lineare statica (distribuzioni di carico adottate e rapporti di sovra resistenza $\alpha u / \alpha 1$);**
 - d. **analisi lineare dinamica (accelerogrammi adottati);**
- riportando la sintesi dei principali risultati.**

Tipo Analisi svolta

◦ ***Tipo di analisi e motivazione***

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare.

Per quanto riguarda le azioni sismiche, tenendo conto che la struttura è di limitata altezza, approssimativamente simmetrica nelle due direzioni e che i modi superiori sono trascurabili, si è optato per l'analisi statica lineare equivalente con spettro elastico di progetto e fattore di struttura. Nell'analisi sono state considerate le eccentricità accidentali pari al 5% della dimensione della struttura nella direzione trasversale al sisma.

◦ ***Metodo di risoluzione della struttura***

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali. In particolare le travi ed i pilastri sono stati schematizzati con elementi asta a due nodi deformabili assialmente, a flessione e taglio, utilizzando funzioni di forma cubiche di Hermite. Tale modello finito ha la caratteristica di fornire la soluzione esatta in campo elastico lineare, per cui non necessita di ulteriori suddivisioni interne degli elementi strutturali.

Nel modello sono stati tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi. La presenza di eventuali orizzontamenti è stata tenuta in conto o con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL. I vincoli tra i vari elementi strutturali e quelli con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

In particolare, il modello di calcolo ha tenuto conto dell'interazione suolo-struttura schematizzando le fondazioni superficiali (con elementi plinto, trave o piastra) come elementi su suolo elastico alla Winkler.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare.

◦ ***Metodo di verifica sezionale***

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU e SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 17/01/2018.

Per le verifiche sezionali degli elementi in c.a. ed acciaio sono stati utilizzati i seguenti legami:

- Legame parabola rettangolo per il cls
- Legame elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio

I. Criteri di verifica agli stati limite indagati, in presenza di azione sismica:

- a. **stati limite ultimi, in termini di resistenza, di duttilità e di capacità di deformazione;**
- b. **stati limite di esercizio, in termini di resistenza e di contenimento del danno agli elementi non strutturali.**

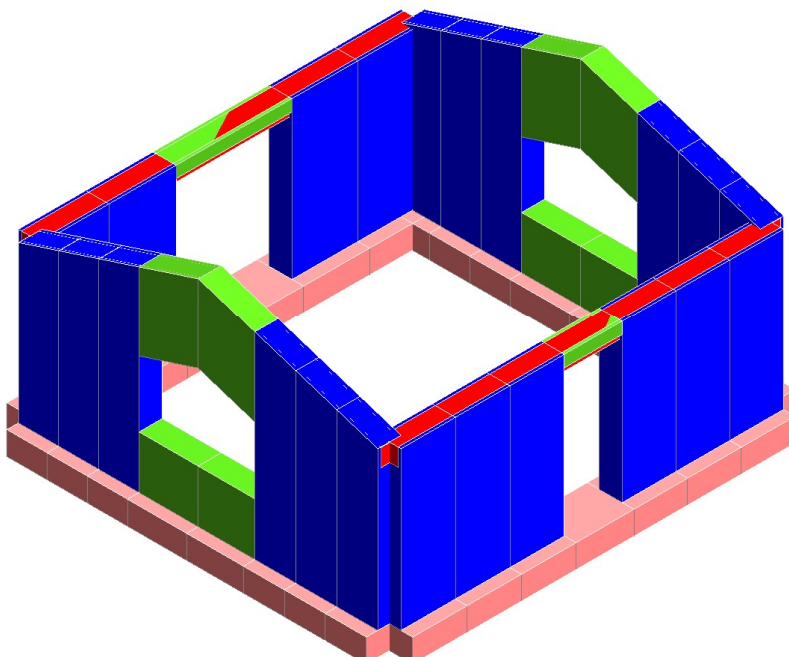
La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni in base alle NTC 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma;
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, ecc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

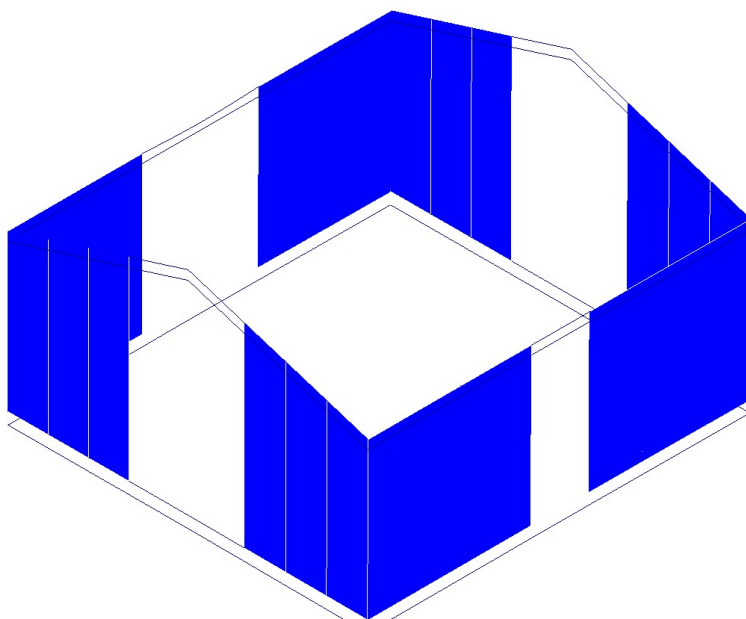
Sono state eseguite tutte le principali verifiche previste dalle NTC2018, in particolare:

- Verifica a pressoflessione dei pilastri e delle travi allo SLU;
- Verifica a taglio dei pilastri e delle travi allo SLU;
- Verifiche tensionali e fessurative agli SLE;
- Verifiche di duttilità dei nodi;
- Verifiche di spostamenti relativi di interpiano;
- Verifiche della capacità portante delle fondazioni;
- Verifiche dei cedimenti in fondazione.

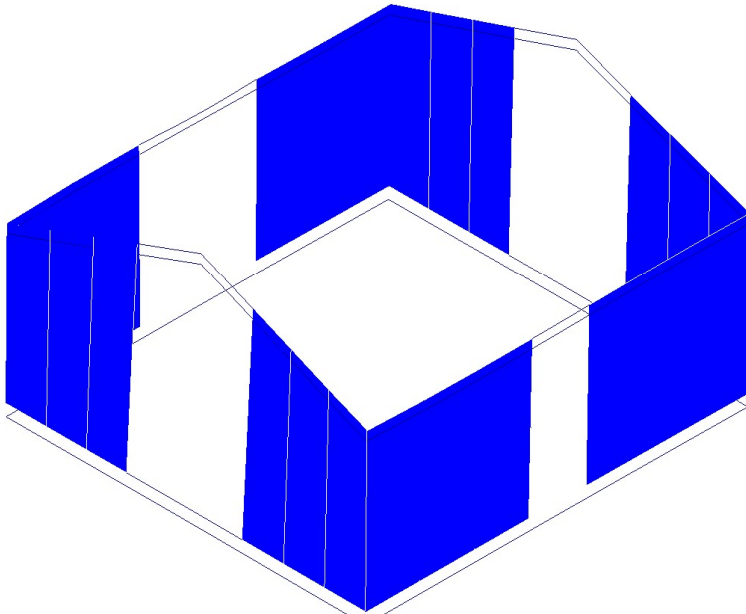
J. Rappresentazione delle configurazioni deformate e delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture più significative, così come emergenti dai risultati dell'analisi, sintesi delle verifiche di sicurezza, e giudizio motivato di accettabilità dei risultati.



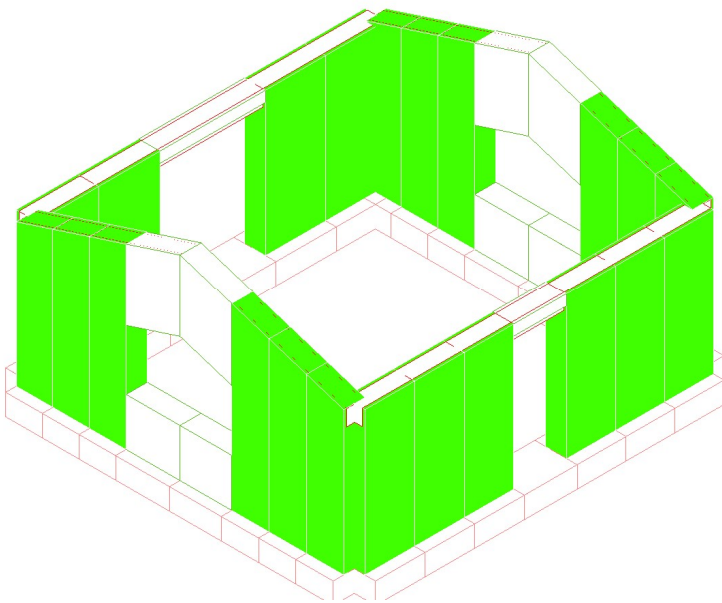
Modello di Calcolo



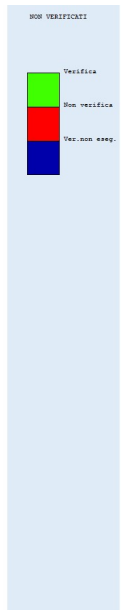
Spostamenti combinazione 1

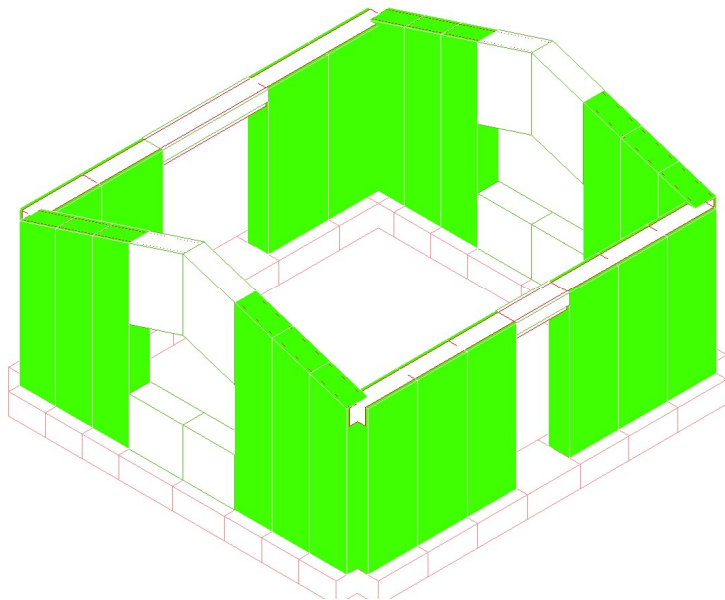


Spostamenti combinazione 3

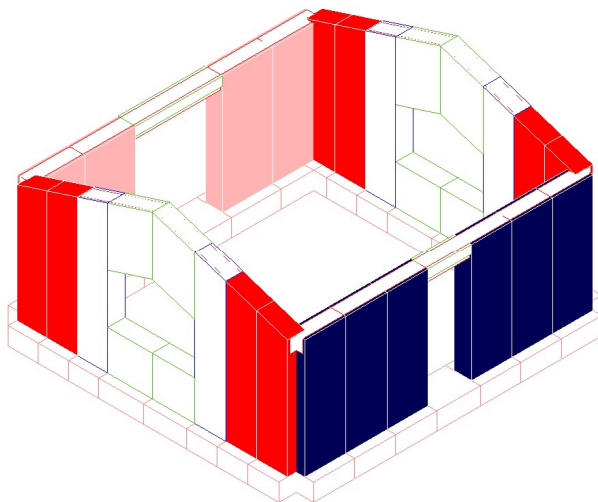
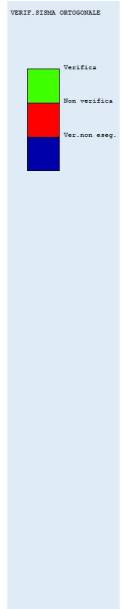


Non verificati generali

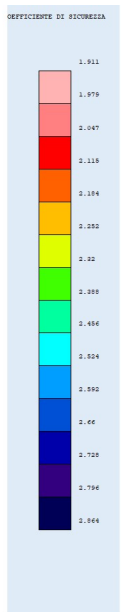


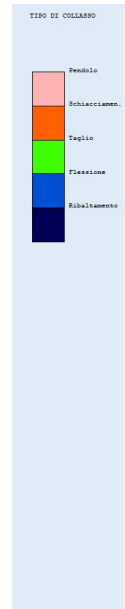
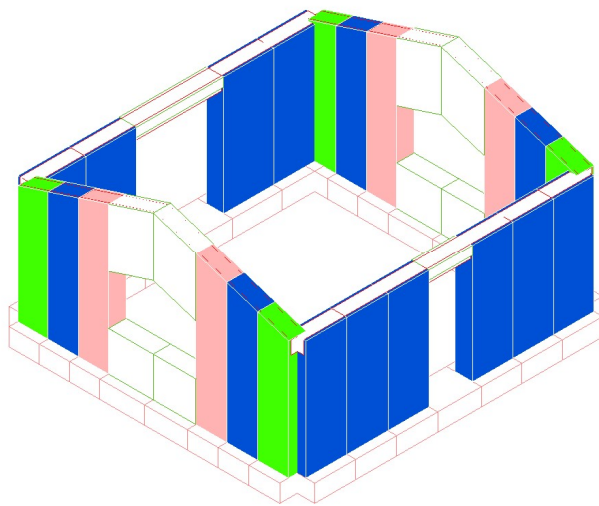


Verifica al sisma ortogonale



Verifica al sisma parallelo





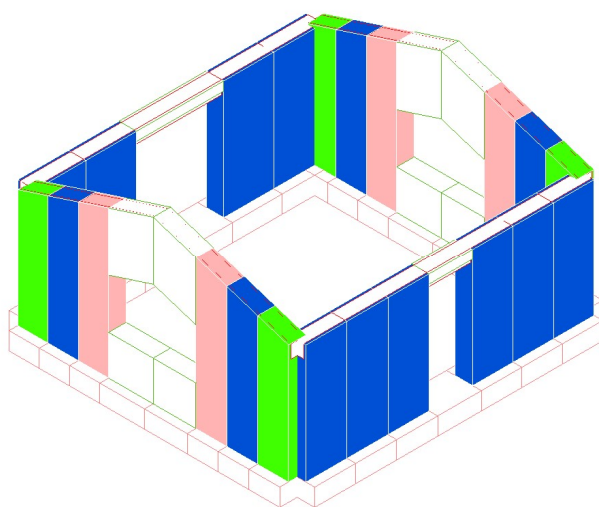
Tipo di collasso sismico

K. Caratteristiche ed affidabilità del codice utilizzato.

Codice di calcolo adottato, solutore e affidabilità dei risultati in base a quanto richiesto del D.M. 14.01.2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore del Software espone la relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento. Si fa presente che sul proprio sito è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione.

L. Con riferimento alle strutture geotecniche o di fondazione: fasi di realizzazione dell'opera (se pertinenti), sintesi delle massime pressioni attese, cedimenti e spostamenti assoluti/differenziali, distorsioni angolari, verifiche di stabilità terreno-fondazione eseguite, ed altri aspetti e risultati significativi della progettazione di opere particolari.

Le strutture di fondazione, del tipo superficiale, sono state realizzate mediante una trave rovescia. In relazione alla tipologia di terreno ed alla entità dei carichi si hanno i coefficienti di sicurezza minimi pari a 1.17 come meglio evidenziato dalla immagine sottostante:



I cedimenti attesi sono al massimo pari a cm 2.12 come meglio evidenziato dalla immagine sottostante:

