

STUDIO TECNICO DI ARCHITETTURA M. BURATTI

VIA CESANENSE N°38 61040 MONDAVIO TEL 0721/979861 CELL. 339/6073303 E-MAIL burattiarchitetto@gmail.com

P. IVA 00928720416 C.F. BRT MSM 55A17 Z103G

COMMITTENTE	COMUNE DI SAN LORENZO IN CAMPO (PU)
PROGETTISTA E D.L.	DOTT. ARCH. MASSIMO BURATTI
COLLABORAZIONE CALCOLO STRUTTURALE	DOTT. ING. MARCO SCIAMANNA
COLLABORAZIONE IMPIANTI	DOTT. ING. MARCO ARDUINI
DESCRIZIONE	RIQUALIFICAZIONE EX-SCUOLA MEDIA PIAZZA G. VERDI E VIA V. VENETO
B1	PROGETTO ESECUTIVO
DATA:	<ul style="list-style-type: none">● RELAZIONE TECNICA● SPECIFICHE TECNICHE RELATIVE AI MATERIALI

SOMMARIO

1. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	3
4. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI DELLA STRUTTURA.	3
4.1. AZIONI AGENTI SULLA COSTRUZIONE.....	4
4.1.1. ANALISI DEI CARICHI.....	4
4.2. COMBINAZIONE DELLE AZIONI.....	9
4.3. CONDIZIONI DI STATO LIMITE ULTIMO (S.L.U.).....	10
4.4. CONDIZIONI DI STATO LIMITE DI ESERCIZIO (S.L.E.)	11
5. DESCRIZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE E CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA.....	13
6. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA.....	21
7. RELAZIONE SUI MATERIALI.....	28
7.1. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO.....	29
7.2. ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE E PER STRUTTURE COMPOSTE	35
7.3. CALCESTRUZZO.....	40
7.4. COMPONENTI PREFABBRICATI IN C.A. E C.A.P.	43
7.5. VETRI DI SICUREZZA	45

1. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

L'intervento prevede la demolizione dell'ex scuola media sita in piazza G. Verdi e via V. Veneto nel Centro storico del Comune di San Lorenzo in Campo e la successiva realizzazione di un fabbricato, per metà composto da piano terra con locali adibiti a uffici e da primo piano adibito ad uffici comunali e per l'altra metà con piano terra adibito a piazza coperta da utilizzare anche per mercato.

Accanto al fabbricato principale si prevede di realizzare un manufatto costituito da un unico piano adibito ad ufficio turistico con accesso al pubblico dalla piazza coperta.

Le opere di cui all'oggetto sono state progettate tenendo conto delle caratteristiche del terreno rilevate dalla relazione geologica eseguita dal Dottore Geologo Marco La Corte di Fano (PU).

I nuovi edifici sono stati progettati in base alla normativa vigente sulle nuove costruzioni NTC18.

Le fondazioni dei fabbricati sono costituite da pali di diametro 100-80-60 cm. di lunghezze variabili con la profondità del substrato, ammassati allo stesso per un minimo di 2,50 m.

Le teste dei pali sono state collegate con un graticcio di travi sulle quali sono stati appoggiati i solai del piano terra di $H=20+4$ cm. costituiti da travetti in c.a.p. posti ad un interasse di 60 cm. ed alleggeriti con pignatte.

La struttura portante è costituita da telai in c.a. costituiti nel fabbricato principale in parte da pilastri a forma trapezoidale che nel modello di calcolo per ragioni di sicurezza sono stati considerati rettangolari.

I muri di sostegno del piano terra saranno distanziati di 5 cm. dai pilastri per evitare di rendere tozzi questi ultimi.

Per ragioni architettoniche sono state inserite travi di notevole altezza, ciò ha comportato un incremento di armatura dei pilastri per il rispetto della gerarchia delle resistenze.

Il solaio degli uffici del piano primo e la relativa copertura del fabbricato principale e il solaio del piano terra e la copertura del fabbricato secondario di $H=20+4$ cm. sono costituiti da travetti in c.a.p. posti ad un interasse di 60 cm. ed alleggeriti con pignatte.

Il solaio di copertura della piazza è costituito da solaio alveolare di altezza $36+5$ cm. e di luce netta 15,70 m.

La parte di copertura centrale della piazza e degli uffici del fabbricato principale è costituita una struttura vetrata.

In corrispondenza della piazza tale struttura vetrata è appoggiata sopra una trave in c.a.p. di lunghezza 16,20 m.

Sul lato sinistro del fabbricato principale è prevista la realizzazione di fioriere. Sul prospetto è prevista la realizzazione di fioriere e di una scalinata di accesso.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto delle strutture in esame è stato condotto in accordo con quanto prescritto dalla seguente normativa:

- **D.M. 17/01/2018:** Norme tecniche per le costruzioni;
- **Circolare** del Consiglio superiore Dei Lavori Pubblici n. 617 del 02/02/2009 per quanto applicabile.

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le strutture di nuova costruzione saranno realizzate con calcestruzzo di classe C25/30 per i pali di fondazione e C28/30 per i pilastri e le travi e ferro del tipo B450 C.

Si rimanda alla relazione sui materiali per le specifiche di progetto e per le procedure e le prove sperimentali di accettazione dei nuovi materiali.

Per determinare le caratteristiche del calcestruzzo e dell'acciaio si farà riferimento alle seguenti relazioni:

$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck}$ = Resistenza caratteristica cilindrica a compressione;

$f_{cm} = f_{ck} + 8$ = Valore medio della resistenza cilindrica;

$f_{ctm} = 0,30 \cdot (f_{cm})^{(2/3)}$ = Valore medio della resistenza a trazione semplice assiale;

$f_{cd} = 0,85 \cdot f_{ck} / 1,5$ = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo;

$f_{ctk} = 0,7 \cdot f_{ctm}$ = Resistenza caratteristica cilindrica a trazione;

$f_{cfm} = 1,2 \cdot f_{ctm}$ = Valore medio della resistenza a trazione per flessione;

$f_{ctd} = f_{ctk} / 1,5$ = Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo;

$E_{cm} = 22.000 \cdot (f_{cm} / 10)^{(0,3)}$ = Modulo elastico;

$f_{yd} = f_{yk} / 1,15$ = Resistenza di calcolo dell'acciaio.

4. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI DELLA STRUTTURA.

Le opere strutturali **delle nuove costruzioni** devono essere verificate per gli stati limiti ultimi (SLU) che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni e per gli stati limite di esercizio (SLE) definiti in relazione alle prestazioni attese. Per la valutazione della sicurezza delle costruzioni si devono adottare criteri probabilistici scientificamente comprovati. Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Definite le opportune combinazioni delle azioni (azioni di calcolo, F_d), si valutano le azioni interne (sollecitazioni di calcolo, E_d) nei vari elementi strutturali. Per ogni elemento strutturale sono valutate le resistenze (resistenze di calcolo, R_d). La verifica della sicurezza **agli stati limite ultimi** si ritiene soddisfatta controllando che, per ogni elemento strutturale e per ciascuna delle combinazioni delle azioni prese in esame, risulti:

$$R_d \geq E_d$$

R_d = resistenza di progetto della struttura; funzione dei valori caratteristici $R_{k,i}$ di ciascun materiale, diviso per un coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{m,i}$ (> 1) di sicurezza sulla resistenza del materiale e per un ulteriore coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{R,d}$ che tiene conto delle incertezze nel modellare la resistenza ($\gamma_{R,d} > 1$);

E_d = effetto delle azioni di progetto, è una funzione del valore caratteristico di ciascuna azione $F_{k,i}$ moltiplicato per un coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{F,j}$ e per un ulteriore coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{E,d}$ che tiene conto delle incertezze nel modellare le azioni e i loro effetti ($\gamma_{E,d} > 1$). E_d è anche funzione del coefficiente di combinazione per l'azione i -esima ψ_i

I coefficienti parziali di sicurezza, $\gamma_{m,i}$ e $\gamma_{F,j}$, associati rispettivamente al materiale i -esimo e all'azione j -esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e alla affidabilità del modello di calcolo.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli **stati limite di esercizio** si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.

4.1. AZIONI AGENTI SULLA COSTRUZIONE

Le azioni prese in esame per l'analisi e le verifiche della costruzione in progetto sono classificate secondo la variazione della loro intensità nel tempo in:

a) *permanenti* (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo:

- peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo) (G_1);
- peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G_2);

b) *variabili* (Q): azioni che agiscono sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

- di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

c) *sismiche* (E): azioni derivanti dal terremoto.

4.1.1. ANALISI DEI CARICHI

ANALISI DEI CARICHI AGENTI SUL SOLAIO PIAZZA (TIPOLOGIA 1)

PESO PROPRIO ($H=20+4$ cm.) Interasse 60cm.

285 daN/m²

Solaio in c.a.p. $h=20+4$ cm. = 285 daN/m²

SOVRACCARICO PERMANENTE

312 daN/m²

Pavimento in marmo $2.700*0,02 = 54$ daN/m

Sottofondo in malta calce: $0,05*1.800 = 90$ daN/m²

Sottofondo alleggerito di lecacem mini o polesbeton:

$600*0,28 = 168$ daN/m²

SOVRACCARICO VARIABILE

Categoria C3

500 daN/m²

ANALISI DEI CARICHI AGENTI SUL SOLAIO PIANO TERRA UFFICI (TIPOLOGIA 2 – TIPOLOGIA 1 ACCESSORIO)

PESO PROPRIO ($H=20+4$ cm.) Interasse 60cm.

285 daN/m²

Solaio in c.a.p. $h=20+4$ cm. = 285 daN/m²

SOVRACCARICO PERMANENTE

302 daN/m²

Pavimento in marmo $2.700*0,02 = 54$ daN/m

Sottofondo in malta calce: $0,05*1.800 = 90$ daN/m²

Sottofondo alleggerito di lecacem mini o polesbeton:

$600*0,18 = 108$ daN/m²

Isolamento termico $s=10$ cm.: 10 daN/mq

Tramezzi cartongesso: $25*3,55 = 89$ daN/m; 40 daN/mq

SOVRACCARICO VARIABILE

Categoria B2

300 daN/m²

ANALISI DEI CARICHI AGENTI SUL SOLAIO DI COPERTURA IN VETRO (TIPOLOGIA N. 3 – TIPOLOGIA 2 ACCESSORIO)

PESO PROPRIO

150 daN/m²

SOVRACCARICO PERMANENTE

0 daN/mq

SOVRACCARICO VARIABILE

120 daN/mq

Copertura accessibile per sola manutenzione:

Categoria H: 50 daN/mq (media durata)

Sovraccarico variabile (neve breve durata): 120 daN/mq (min)

Il carico della neve sulla copertura è stato valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_e * C_t$$

dove:

q_s è il carico neve sulla copertura;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura;

q_{sk} è il valore di riferimento del carico neve al suolo;

C_e è il coefficiente di esposizione;

C_t è il coefficiente termico.

L'opera in oggetto è localizzata nella zona I Mediterranea (Pesaro-Urbino) a circa 175 m. dal livello del mare, alla quale corrisponde un carico $q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$.

Per il caso di neve depositata in assenza di vento si considera il coefficiente di forma μ_1 che in questo caso è pari a 0,8 (inclinazione della copertura inferiore a 30 gradi).

ANALISI DEI CARICHI DEL TAMPONAMENTO ESTERNO IN MURATURA. (TIPOLOGIA N. 4)

SOVRACCARICO PERMANENTE	278 daN/mq
Intonaco $1600 \cdot 0,015 = 24 \text{ daN/mq}$	
Muratura blocco termico s:25 cm. = 230 daN/mq	
Intonaco interno $1600 \cdot 0,015 = 24 \text{ daN/mq}$	

ANALISI DEI CARICHI PLATEA ASCENSORE (TIPOLOGIA N. 5)

PESO PROPRIO	1250 daN/m ²
SOVRACCARICO PERMANENTE	100 daN/mq

ANALISI DEI CARICHI AGENTI SUL SOLAIO PIANO PRIMO UFFICI (TIPOLOGIA 6)

PESO PROPRIO (H=20+4 cm.) Interasse 60cm	285 daN/m ²
Solaio in c.a.p. h=20+4 cm.= 285 daN/m ²	

SOVRACCARICO PERMANENTE	268 daN/m ²
Pavimento in gres porcellanato $1.800 \cdot 0,01 = 18 \text{ daN/m}$	
Sottofondo in malta calce: $0,05 \cdot 1.800 = 90 \text{ daN/m}^2$	
Sottofondo alleggerito di lecacem mini o polesbeton: $600 \cdot 0,15 = 90 \text{ daN/m}^2$	
Tramezzi cartongesso: $25 \cdot 3,55 = 89 \text{ daN/m}$: 40 daN/mq	
Controsoffitto = 30 daN/mq	

SOVRACCARICO VARIABILE	
Categoria B2	300 daN/m ²

ANALISI DEI CARICHI AGENTI SUL SOLAIO DI COPERTURA UFFICI (TIPOLOGIA N. 7)

PESO PROPRIO (H=20+4 cm.) Interasse 60cm.	285 daN/m ²
Solaio in c.a.p. h=20+4 cm.= 285 daN/m ²	

SOVRACCARICO PERMANENTE	100 daN/m ²
Copertura alluminio = 10 daN/mq	
Isolante s. 16 cm. = 10 daN/m ²	
Sottofondo alleggerito di lecacem mini o polesbeton: $600 \cdot 0,082 \text{ spessore medio} = 49,2 \text{ arr. } 50 \text{ daN/m}^2$	

$(4+(1,5*5,6+4))/2 = 8,2 \text{ cm.}$
Controsoffitto = 30 daN/mq

SOVRACCARICO VARIABILE 120 daN/mq
Copertura accessibile per sola manutenzione:
Categoria H: 50 daN/mq (media durata)
Sovraccarico variabile (neve breve durata): 120 daN/mq (min)

ANALISI DEI CARICHI DEL TAMPONAMENTO ESTERNO IN VETRO. (TIPOLOGIA N. 8 - TIPOLOGIA 5 ACCESSORIO)

PESO PROPRIO 100 daN/mq

ANALISI DEI CARICHI AGENTI SUL SOLAIO DI COPERTURA PIAZZA (TIPOLOGIA N. 9)

PESO PROPRIO (H=36+5 cm.) 585 daN/m²
460 (lastra) +125 (soletta)
SOVRACCARICO PERMANENTE 60 daN/m²
Copertura alluminio = 10 daN/mq
Sottofondo alleggerito di lecacem mini o polesbeton
600*0,082 spessore medio = 49,2 arr. 50 daN/m²
 $(4+(1,5*5,6+4))/2 = 8,2 \text{ cm.}$

SOVRACCARICO VARIABILE 120 daN/mq
Copertura accessibile per sola manutenzione:
Categoria H: 50 daN/mq (media durata)
Sovraccarico variabile (neve breve durata): 120 daN/mq (min)

ANALISI DEI CARICHI AGENTI SULLO SBALZO DI APPOGGIO INFISSI E TAMPONAMENTO FABBRICATO PRINCIPALE (TIPOLOGIA 10)

PESO PROPRIO 375 daN/m²
Soletta h= 15cm.: 375 daN/m²

SOVRACCARICO PERMANENTE 162 daN/m²
Soglia in marmo 2.700*0,03 = 81 daN/m
Sottofondo in malta calce: 0,045*1.800=81 daN/mq

SOVRACCARICO VARIABILE 120 daN/mq
Copertura accessibile per sola manutenzione:
Categoria H: 50 daN/mq (media durata)
Sovraccarico variabile (neve breve durata): 120 daN/mq

Il tamponamento trasferisce un carico massimo di $278*1,75 = 486,5 \text{ daN/ml}$ a 57,5 cm. dall'incastro e un momento massimo al muro: $M= 486,5*0,575 = 280 \text{ daN*m}$

Le vetrate trasferiscono un carico massimo di $100*1,75 = 175 \text{ daN/ml}$ a 57,5 cm. dall'incastro.

La vetrata trasferisce un momento al muro $M = 175 \cdot 0,5 = 88 \text{ daN} \cdot \text{m}$

ANALISI DEI CARICHI AGENTI SULLO SBALZO DELLA FIORIERA (TIPOLOGIA 11- TIPOLOGIA 4 ACCESSORIO)

PESO PROPRIO

375 daN/m²

Soletta $h = 15 \text{ cm}$: 375 daN/m²

SOVRACCARICO PERMANENTE

450 daN/m²

SOVRACCARICO VARIABILE

120 daN/mq

Copertura accessibile per sola manutenzione:

Categoria H: 50 daN/mq (media durata)

Sovraccarico variabile (neve breve durata): 120 daN/mq

La fioriera esterna verrà realizzata con una soletta di 15 cm. di spessore. Su tale soletta verrà applicato un carico distribuito dovuto al terreno di $(450 \cdot 0,20 \text{ (argilla espansa)} + 1.800 \cdot 0,20 \text{ (terriccio)}) = 450 \text{ daN/mq}$.

I parapetti di tamponamento della fioriera trasferiscono un carico verticale alla trave di fondazione di: $2500 \cdot 0,1 \cdot (0,75 + 1,2) = 487,5 \text{ daN}$ ed un momento $2500 \cdot 0,1 \cdot 1,2 \cdot 0,65 + 2500 \cdot 0,1 \cdot 0,5 \cdot 0,05 = 201,25 \text{ daN} \cdot \text{m}$

I parapetti di tamponamento della fioriera trasferiscono un carico verticale al muro di: $2500 \cdot 0,1 \cdot (0,50 + 1,1) = 400 \text{ daN}$ ed un momento $2500 \cdot 0,1 \cdot 1,1 \cdot 0,65 + 2500 \cdot 0,1 \cdot 0,5 \cdot 0,05 = 185 \text{ daN} \cdot \text{m}$

Il momento massimo sul muro dovuto alla vetrata e alla fioriera risulta essere:

a) con fioriera piena. $M_{\max} = 450 \cdot 0,35 + 185 - 88 = 255 \text{ daN} \cdot \text{m}$

b) con fioriera vuota. $M_{\max} = 185 - 88 = 97 \text{ daN} \cdot \text{m}$

Il carico massimo esplicito da aggiungere sul muro della fioriera è:

$175 \text{ (vetrata)} + (375 + 162) \cdot 0,7 \text{ (soglia finestra)} + 400 \text{ (parapetti fioriera)} = 951 \text{ daN}$

Il momento massimo esplicito da aggiungere sul muro della fioriera è:

$185 \text{ (parapetti)} - 88 \text{ (vetrata)} - (375 + 162) \cdot 0,7 \cdot 0,35 \text{ (soglia finestra)} = -35 \text{ daN} \cdot \text{m}$.

ANALISI DI CARICHI DELLE SCALE (TIPOLOGIA 12)

PESO PROPRIO

375 daN/m²

Soletta $h = 15 \text{ cm}$: 375 daN/m²

SOVRACCARICO PERMANENTE

225 daN/m²

ALZATA E PEDATA

SOVRACCARICO VARIABILE

Categoria B2 (scale Uffici)

400 daN/m²

ANALISI DEI CARICHI DEL TAMPONAMENTO ESTERNO ACCESSORIO. (TIPOLOGIA N. 6 ACCESSORIO)

PESO PROPRIO 310 daN/mq

SOVRACCARICO PERMANENTE 60 daN/m²

AZIONE TERMICA

Poichè la temperatura non costituisce azione fondamentale per la sicurezza si considera un valore di

$$\Delta T_u = \pm 15$$

AZIONE SISMICA

Si rimanda alla relazione sulla modellazione sismica allegata alla presente relazione.

4.2. COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

– Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

– Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d :

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

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

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

– lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: **EQU**

– lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**

– lo stato limite di resistenza del terreno: **GEO**

4.3. CONDIZIONI DI STATO LIMITE ULTIMO (S.L.U.)

La combinazione di carico statica e' legata alla formula seguente definita dalla norma come combinazione fondamentale per gli stati limite ultimi:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

G_1 = peso proprio degli elementi strutturali;

G_2 = peso proprio degli elementi non strutturali;

P = precompressione;

Q_{k1} = azione variabile dominante rappresentata dal valore caratteristico dell'azione variabile;

Q_{k2}, Q_{k3} = azioni variabili che possono agire contemporaneamente alla dominante;

$\psi_{0i}, \psi_{1i}, \psi_{2i}$ = rappresentano i coefficienti di combinazione, da determinarsi sulla base di considerazioni statistiche, per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici i cui valori sono forniti dalla seguente tabella:

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
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 – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H – Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
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

γ_P = coefficienti parziale precompressione = 1;

$\gamma_{G1}, \gamma_{G2}, \gamma_{Q1}$ = rappresentano i coefficienti parziali forniti dalla tabella seguente:

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali G_2 (1)	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Si fa riferimento a tre diversi stati limite ultimi (EQU, STR, e GEO) che tengono conto rispettivamente dell'equilibrio come corpo rigido, della resistenza strutturale anche in fondazione e dello stato limite di resistenza del terreno. Per quello che riguarda la combinazione per gli stati limite ultimi STR e GEO, il DM18 propone due approcci (A1, A2), il primo approccio prevede due diverse combinazioni, la prima delle quali, condizionante il dimensionamento strutturale, prevede l'utilizzo dei coefficienti presenti in colonna A1 per tutte le azioni, la seconda combinazione condizionante il dimensionamento geotecnico, prevede l'impiego dei coefficienti presenti in colonna A2. Il secondo approccio prevede un'unica combinazione con l'impiego dei coefficienti presente in colonna A1 per le azioni.

Nel presente caso si utilizza l'approccio progettuale A2.

La combinazione di carico da utilizzarsi nelle verifiche sismiche e' quella indicata dalla formula seguente: $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$
dove: E = azione sismica.

4.4. CONDIZIONI DI STATO LIMITE DI ESERCIZIO (S.L.E.)

Le azioni di calcolo F_d si ottengono combinando le azioni caratteristiche secondo le seguenti forme di correlazione:

Combinazioni di carico statiche:

– Combinazione rara:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

– Combinazione frequente:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

– Combinazione quasi permanente:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

G_1 = peso proprio degli elementi strutturali;

G_2 = peso proprio degli elementi non strutturali;

P = precompressione;

Q_{k1} = azione variabile dominante rappresentata dal valore caratteristico dell'azione variabile;
 Q_{k2}, Q_{k3} = azioni variabili che possono agire contemporaneamente alla dominante;

$\psi_{0i}, \psi_{1i}, \psi_{2i}$ = rappresentano i coefficienti di combinazione, da determinarsi sulla base di considerazioni statistiche, per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici i cui valori sono forniti dalla tabella riportata in precedenza.

La combinazione di carico da utilizzarsi nelle verifiche sismiche di esercizio è quella indicata dalla formula seguente:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Le verifiche di sicurezza da effettuare sono in funzione della Classe d'uso e si ricavano nella Tab. C7.1.I.

**Gli stati limiti di esercizio da considerare nel presente caso (classe d'uso III) sono:
 lo Stato Limite di Danno (SLD).**

**Gli stati limiti ultimi da considerare nel presente caso (classe d'uso III) sono:
 lo Stato Limite di salvaguardia della vita (SLV).**

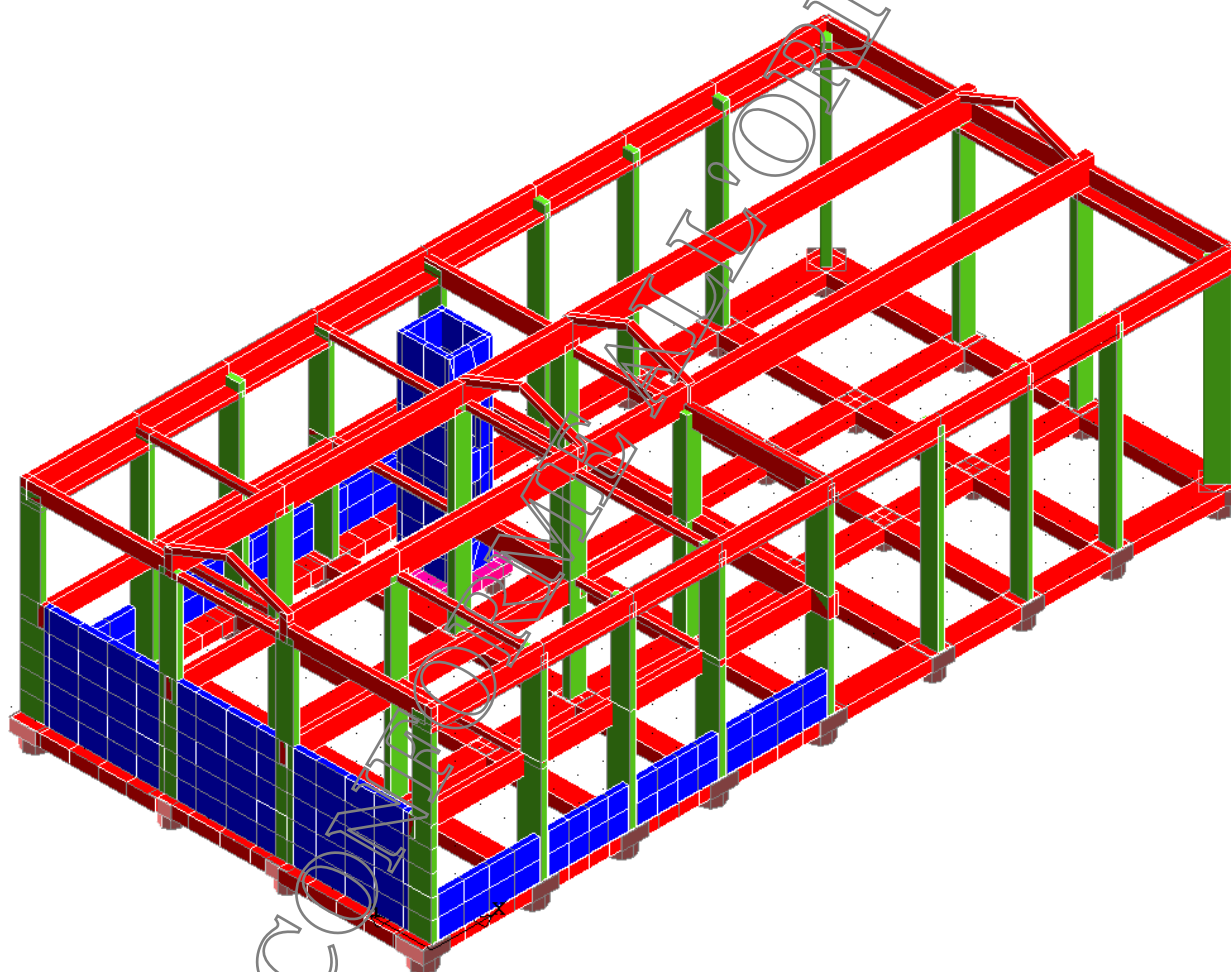
Tabella C7.1.I - Verifiche di sicurezza in funzione della Classe d'uso.

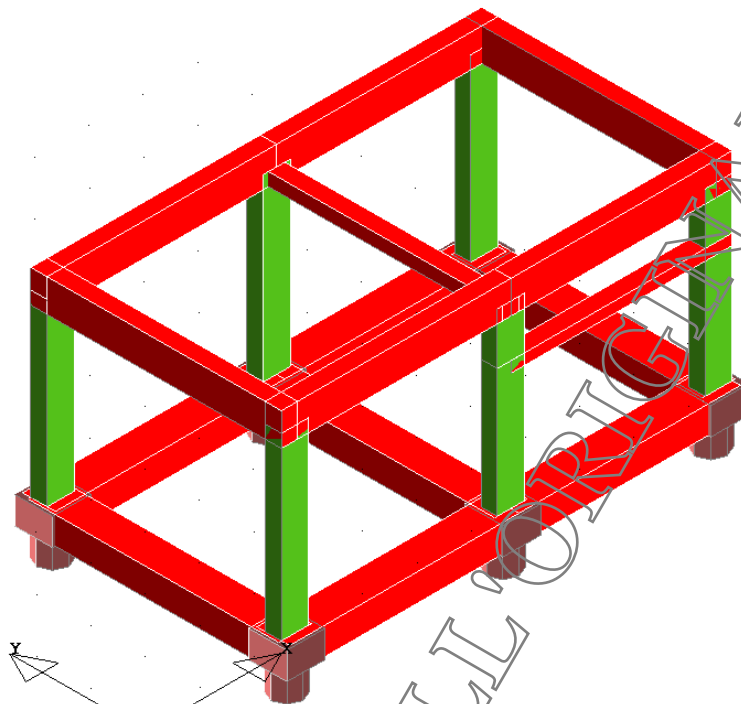
SL	Descrizione della prestazione	Riferimento Norme	Classe d'uso			
			I	II	III	IV
SLO	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	§ 7.3.7.2			x	x
	Funzionalità degli impianti	§ 7.3.7.3			x	x
SLD	Resistenza degli elementi strutturali	§ 7.3.7.1			x	x
	Contenimento del danno degli elementi non 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
SLC	Resistenza e stabilità dei sistemi di contrasto e degli ancoraggi	§ 7.11.6.4.2	x	x	x	x
	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

5. DESCRIZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE E CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA

L'analisi strutturale e le relative verifiche del nuovo fabbricato sono state condotte con l'ausilio del programma di calcolo strutturale CDSWIN2018 della S.T.S. s.r.l. di Catania (n. licenza d'uso 32632) che permette di effettuare, con schematizzazione totalmente tridimensionale, l'analisi di una qualsiasi struttura.

Dal punto di vista grafico i modelli tridimensionali di calcolo sono i seguenti:





I metodi adottati dal codice di calcolo CDSWIN2018 sono i seguenti:

- 1) Per i carichi statici: METODO DELLE DEFORMAZIONI;
- 2) Per i carichi sismici: metodo dell'ANALISI MODALE o dell'ANALISI SISMICA
- 3) STATICA EQUIVALENTE.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

Il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (F.E.M.).

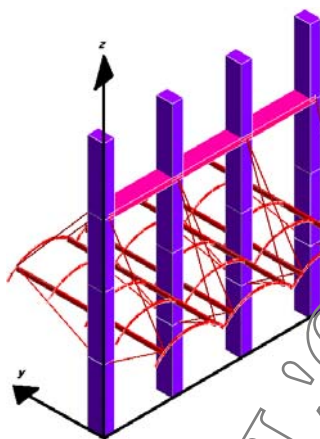
Possono essere inseriti due tipi di elementi:

- 1) Elemento monodimensionale asta (beam) che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste, inoltre, non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.
- 2) L'elemento bidimensionale shell (quad) che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.

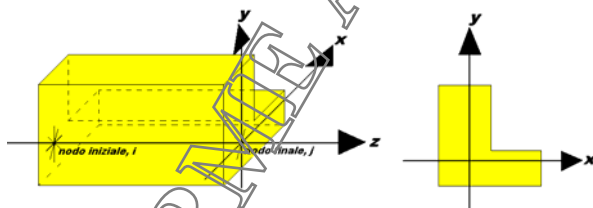
Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il metodo di Cholesky.

Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

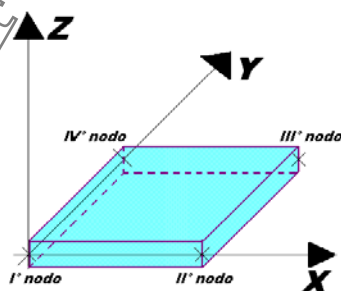
Il sistema di riferimento globale della struttura è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:



Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore:



I carichi agenti sono:

- 1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

L'analisi sismica dinamica è stata svolta con il metodo dell'analisi modale; la ricerca dei modi e delle relative frequenze è stata perseguita con il metodo delle iterazioni nel sottospazio.

I modi di vibrazione considerati sono in numero tale da assicurare l'eccitazione di più dell'85% della massa totale della struttura.

Per ciascuna direzione di ingresso del sisma si sono valutate le forze modali che vengono applicate su ciascun nodo spaziale (tre forze, in direzione X, Y e Z, e tre momenti).

Per la verifica della struttura si è fatto riferimento all'analisi modale, pertanto sono prima calcolate le sollecitazioni e gli spostamenti modali e poi viene calcolato il loro valore efficace.

L'analisi dinamica lineare o analisi modale consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- nella combinazione di questi effetti.

Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%.

Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi deve essere utilizzata una combinazione quadratica completa degli effetti relativi a ciascun modo, quale quella indicata nell'espressione seguente:

$$E = \left(\sum_i \sum_j \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j \right)^{1/2}$$

con:

E_j valore dell'effetto relativo al modo j ;

ρ_{ij} coefficiente di correlazione tra il modo i e il modo j , calcolato con formule di comprovata validità quale:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2\beta_{ij}^{3/2}}{(1+\beta_{ij})[(1-\beta_{ij})^2 + 4\xi^2\beta_{ij}]}$$

ξ smorzamento viscoso dei modi i e j ;

β_{ij} è il rapporto tra l'inverso dei periodi di ciascuna coppia i - j di modi ($\beta_{ij} = T_j/T_i$).

Per gli edifici, gli effetti della eccentricità accidentale del centro di massa possono essere determinati mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano, moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo.

La ricerca dei modi e delle relative frequenze è stata perseguita con il metodo di Jacobi. I modi di vibrazione considerati sono in numero tale da assicurare l'eccitazione di più dell'85% della massa totale della struttura.

Per ciascuna direzione di ingresso del sisma si sono valutate le forze applicate spazialmente agli impalcati di ogni piano (forza in X, forza in Y e momento).

I valori stampati dal codice di calcolo nei tabulati finali sono proprio i suddetti valori efficaci e pertanto l'equilibrio ai nodi perde di significato. I valori delle sollecitazioni sismiche sono combinate linearmente (in somma e in differenza) con quelle per carichi statici per ottenere le sollecitazioni per sisma nelle due direzioni di calcolo.

Gli angoli delle direzioni di ingresso dei sismi sono valutati rispetto all'asse x del sistema di riferimento globale.

Gli effetti sulla struttura del sisma (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati successivamente, applicando la seguente espressione:

$$1,00 \cdot E_x + 0,30 \cdot E_y + 0,30 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

La componente verticale verrà tenuta in conto ove necessario e nei casi previsti dalle NTC 2018.

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono involupando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

In fase di verifica è stato differenziato l'elemento trave dall'elemento pilastro. Nell'elemento trave le armature sono disposte in modo asimmetrico, mentre nei pilastri sono sempre disposte simmetricamente.

Per l'elemento trave, l'armatura si determina suddividendola in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante, valutando per tali conci le massime aree di armatura superiore ed inferiore richieste in base ai momenti massimi riscontrati nelle varie combinazioni di carico esaminate. Lo stesso criterio è stato adottato per il calcolo delle staffe.

Anche l'elemento pilastro viene scomposto in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante. Vengono però riportate le armature massime richieste nella metà superiore (testa) e inferiore (piede).

La fondazione su travi rovesce è risolta contemporaneamente alla sovrastruttura tenendo in conto sia la rigidezza flettente che quella torcente, utilizzando per l'analisi agli elementi finiti l'elemento asta su suolo elastico alla Winkler.

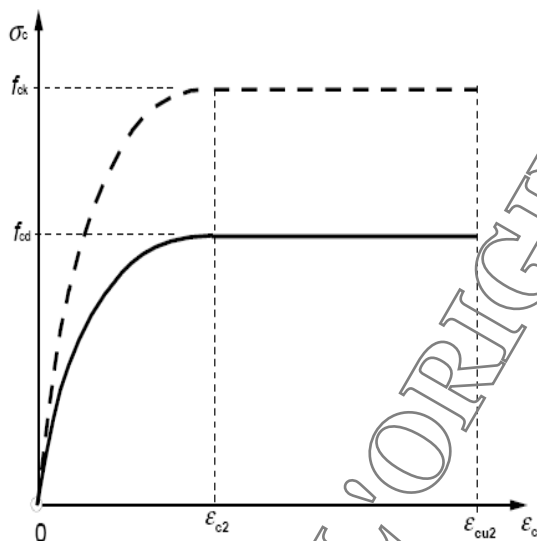
Le travate possono incrociarsi con angoli qualsiasi e avere dei disassamenti rispetto ai pilastri su cui si appoggiano.

La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidezza relativa delle varie travate convergenti su ogni nodo.

Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

Per le verifiche sezionali sono stati utilizzati i seguenti legami:

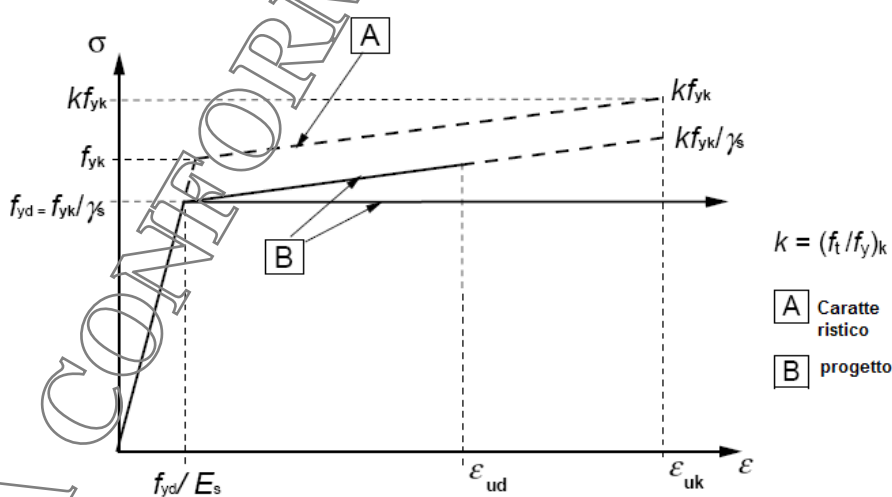
- **LEGAME PARABOLA RETTANGOLO PER IL CALCESTRUZZO**



Legame costitutivo di progetto del calcestruzzo

Il valore ϵ_{cu2} nel caso di analisi non lineari è stato valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.

- **LEGAME ELASTICO PERFETTAMENTE PLASTICO O INCRUDENTE O DUTTILITA' LIMITATA PER L'ACCIAIO**



Legame costitutivo di progetto acciaio per c.a.

Sono state utilizzate le seguenti combinazioni di carico allo SLU e allo SLE riportate nella relazione di calcolo.

In riferimento alle verifiche agli stati limite di esercizio previste al punto 4.1.2.2 delle NTC 2018, nel presente caso verranno effettuate le verifiche di deformabilità, fessurazione e delle tensioni di esercizio.

AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Avendo esaminato preliminarmente la documentazione a corredo del Software si può ritenere il codice di calcolo idoneo al caso specifico e pertanto considerare affidabili i risultati del calcolo.

Il software è inoltre dotato di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.

I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello di calcolo generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali mal condizionamenti delle matrici, verifica dell'indice di condizionamento.
- Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

VALIDAZIONE DEL CODICE

Si ritiene non necessaria una validazione indipendente del calcolo strutturale.

INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE E GIUDIZIO MOTIVATO SULL'ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

Il programma CDSWIN2018 è dotato di procedure per il controllo dei risultati di calcolo che consentono la immediata individuazione delle aste sottodimensionate, sovradimensionate o con problemi particolari. E' inoltre possibile la visualizzazione del regime di deformazione e/o di sollecitazione di qualsiasi elemento strutturale (asta o lastra-piastra).

E' prevista la scelta fra "deformate" statiche sismiche e termiche relative alle singole condizioni o combinazioni di carico; si può scegliere tra deformata elastica (linea elastica delle aste) e deformata cinematica (spostamenti nodali della struttura con aste indeformate), ed attivare la colormap delle deformate, che permette di identificare visualmente i valori degli spostamenti in base alla colorazione. E' anche possibile la visualizzazione dei diagrammi delle caratteristiche delle sollecitazioni (T_x , T_y , N , M_x , M_y , M_z) ed attivare la colormap che permette di identificare visualmente i valori delle caratteristiche in base alla colorazione.

La rappresentazione di "tensioni shell" e "spostamenti shell" è contenuta con mappe di colore che rappresentano il tensore delle caratteristiche, la pressione sul terreno e gli spostamenti xyz degli elementi shell.

Un'altra opzione grafica è quella di "colorazione verifiche" che consente la visualizzazione a scala di colore di tutti i risultati delle verifiche per elementi asta (c.a. e acciaio) ed elementi shell; alcune grandezze visualizzabili sono ad esempio per le aste in c.a.:

- Area totale ferri;
- Densità dei ferri;
- Passo staffe minimo;
- Pressione sul terreno;
- Aste non verificate etc....

Con la procedura "risultati aste" si può selezionare una qualsiasi asta con il mouse ed ottenere direttamente a video la stampa dei risultati delle verifiche a flessione, taglio, torsione, etc.... Sempre tramite diagrammi a colori è possibile visualizzare gli spostamenti relativi tra la testa ed il

piede dei pilastri, per controllare i limiti imposti dalla normativa a tale grandezza. Queste rappresentazioni grafiche permettono di evitare una faticosa analisi manuale dei tabulati numerici su carta.

È anche disponibile in questa fase un collegamento dinamico con il disegno ferri: selezionando con il mouse una trave o un pilastro viene visualizzato il relativo disegno esecutivo.

I risultati dell'elaborazione sono stati sottoposti dal sottoscritto a controlli che ne hanno comprovato l'attendibilità, nonché il corretto comportamento del modello. Tale valutazione è consistita nel confrontare i risultati del codice di calcolo con quelli ottenuti con semplici calcoli di larga massima, eseguiti con metodi tradizionali.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

MODALITA' DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

I dati e i risultati dell'elaborazione vengono riportati nell'allegata relazione di calcolo sotto forma di valori numerici.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

6. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

DESCRIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel presente caso si considera:

$$V_N \geq 50 \text{ anni}$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Nel nostro caso tenendo conto del Decreto del Capo del dipartimento della Protezione Civile n. 3865 del 21.10.2003 e della D.G.R. n. 1520 del 11.11.2003, si considera la classe d'uso III:

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Per la classe III il coefficiente d'uso $C_U = 1,5$.

Nel nostro caso quindi il periodo di riferimento è:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,5 = 75 \text{ anni}$$

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla **“pericolosità sismica di base”** del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria di sottosuolo **A** (Velocità di onde di taglio superiori a 800 m/s), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di superamento P_{VR} come definite nel periodo di riferimento V_R .

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_0 , T^*c si fa riferimento agli allegati A e B al D.M. 14.01.2008 dove sono riportati i relativi valori in base ad un reticolo di riferimento basato su periodi di ritorno compresi nell'intervallo 30 anni/ 2.475 anni.

La norma individua quattro stati limite nei confronti delle azioni sismiche:

Gli stati limite di esercizio comprendono:

- 1) Stato limite di operatività (SLO);
- 2) Stato limite di Danno (SLD).

Gli stati limite ultimi comprendono:

- 3) Stato limite di salvaguardia della vita (SLV);
- 4) Stato limite di prevenzione del collasso (SLC).

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 3.2.I.

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R . Del sisma utilizzando la relazione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = -C_U V_N / \ln(1 - P_{VR})$$

Qualora il tempo di ritorno richiesto sia differente da uno dei 9 tempi di ritorno forniti in tabella, sarà possibile ricavare il valore del parametro di interesse mediante interpolazione tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno (dei nove forniti per ognuno dei nodi del reticolo di riferimento) che comprendono il tempo di ritorno necessario, mediante la formula:

$$\log(P) = \log(P_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

in cui:

p = valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato;

T_R = periodo di ritorno desiderato, corrispondente alla vita di riferimento V_R ed alla probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} per lo stato limite considerato;

T_{R1} , T_{R2} = periodi di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori p_1 e p_2 del generico parametro p .

I valori dei parametri a_g , F_0 e T^*c determinati sono relativi a situazioni geologiche corrispondenti ad un sito con assenza di effetti locali dei terreni, ovvero con presenza di substrato sismico ($V_s > 800\text{m/s}$) affiorante o subaffiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti.

Qualora il sito di progetto non presenti le suddette condizioni sarà necessario, compiere specifiche analisi di valutazione della risposta sismica locale, o in alternativa, verificare:

a) la categoria di suolo di fondazione mediante la stima del parametro V_s (tabella 3.2.II nel Cap 3.2.2 del D.M.I.T. 17.01.2018) e di conseguenza valutare l'incremento sull'azione sismica (tabella

3.2.IV nel Cap 3.2.3 del D.M.I.T. 17.01.2018). La caratterizzazione geotecnica dei terreni si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{seq} di propagazione delle onde di taglio.

b) il coefficiente di amplificazione topografica in funzione della categoria topografica (tabelle 3.2.III nel Cap 3.2.2 e tabella 3.2.V nel Cap 3.2.3 della Norma).

Nel presente caso si ha:

Categoria di sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Pertanto, valutati i parametri spettrali a_g , F_0 e T^*c per il sito di progetto (approccio “sito-dipendente”) eventualmente corretti per il calcolo del periodo di ritorno necessario, incrementati eventualmente per l’amplificazione stratigrafica e topografica e sulla base della classe d’uso della costruzione, sarà possibile definire gli spettri orizzontali e verticali, necessari per la stima dell’azione sismica di progetto.

Il modello di riferimento per la risposta dell’azione sismica in superficie è definito dallo spettro di risposta elastico in accelerazione. Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Il moto può decomporsi in tre componenti ortogonali di cui una verticale. In via semplificata gli spettri delle due componenti orizzontali possono considerarsi eguali ed indipendenti. La componente verticale viene considerata solo nei casi previsti dal capitolo 7 delle NTC 2018. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s. Per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi ovvero l’azione sismica deve essere descritta mediante accelerogrammi.

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$0 \leq T < T_B$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
$T_B \leq T < T_C$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$
$T_C \leq T < T_D$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$
$T_D \leq T$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$

nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.

Inoltre:

S = è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente: $S = S_s \cdot S_T$, essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V),
 η = fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55,$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione (la formula sopra riportata va applicata per smorzamenti convenzionali diversi dal 5% poiché per $\xi = 5\%$ (smorzamento convenzionale) il parametro vale 1).

F_0 = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_C = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \cdot T^*_C$, dove C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.IV);

T_B = periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, $T_B = T_C/3$,

T_D = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 1,6 \cdot \frac{a_g}{g}$$

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_C

Categoria sottosuolo	S_s	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B$$

$$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C$$

$$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D$$

$$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T$$

$$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali T e S_{ve} sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale e F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di a_g , F_0 , S , η sono stati in precedenza definiti per le componenti orizzontali; i valori di S_s , T_B , T_C e T_D , salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella Tab. 3.2.VII.

Tab. 3.2.VI - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,03 s	0,15 s	1,0 s

Per tener conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati in Tab. 3.2.V.

Le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso un fattore riduttivo delle forze elastiche, denominato fattore di struttura q che tiene conto della capacità dissipativa anelastica della struttura.

L'azione sismica di progetto $S_d(T)$ è in tal caso data dallo spettro di risposta elastico, con le ordinate ridotte utilizzando il fattore q .

I valori numerici del fattore q vanno definiti in funzione dei materiali, delle tipologie strutturali, del loro grado di iperstaticità, della duttilità attesa e della interazione terreno-struttura.

Tenuto conto della Tab. C7.1.I, della **Circolare** del Consiglio superiore Dei Lavori Pubblici n. 617 del 02.02.2009.

Gli stati limiti di esercizio da considerare sono:

lo **Stato Limite di Danno (SLD)** (solo per le nuove costruzioni).

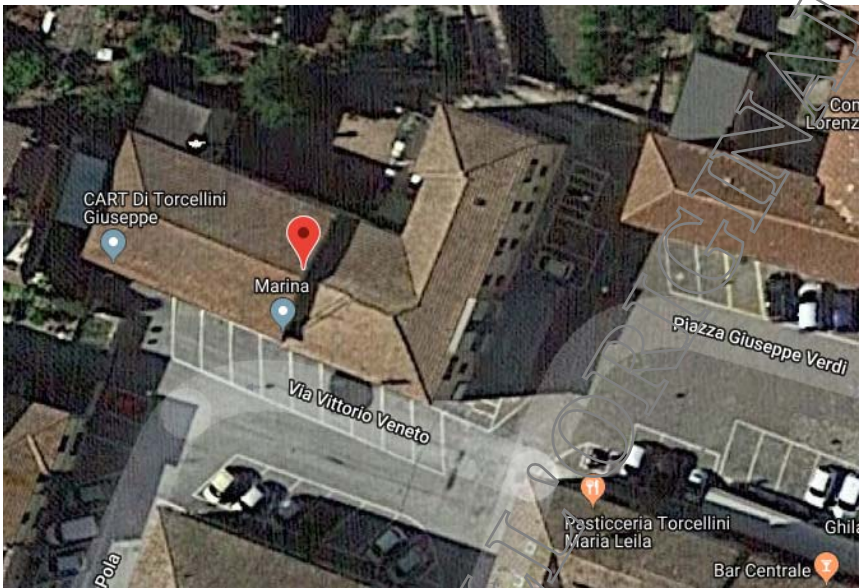
Gli stati limiti ultimi da considerare sono:

lo **Stato Limite di salvaguardia della vita (SLV)**.

Non è stata considerata la componente dell'azione sismica verticale in quanto non sono presenti nel progetto gli elementi indicati nel paragrafo 7.2.2 delle NTC 2018.

Secondo quanto proposto all'allegato B del D.M.I.T. del 14.01.2008 considerate le coordinate geografiche del sito (longitudine est **12,94686** – latitudine nord **43,60536**) nel sistema WGS84 (convertite in automatico dal programma di calcolo in coordinate nel sistema di riferimento ED50 previsto dalla NTC 2008) si ottengono i seguenti parametri sismici e il seguente grafico dello spettro di risposta elastico (diagramma che riporta in funzione del periodo proprio della costruzione

l'accelerazione assoluta massima su una struttura elastica lineare ad un grado di libertà soggetta al sisma) della componente orizzontale relativo allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV)) e allo stato limite di danno (SLD):

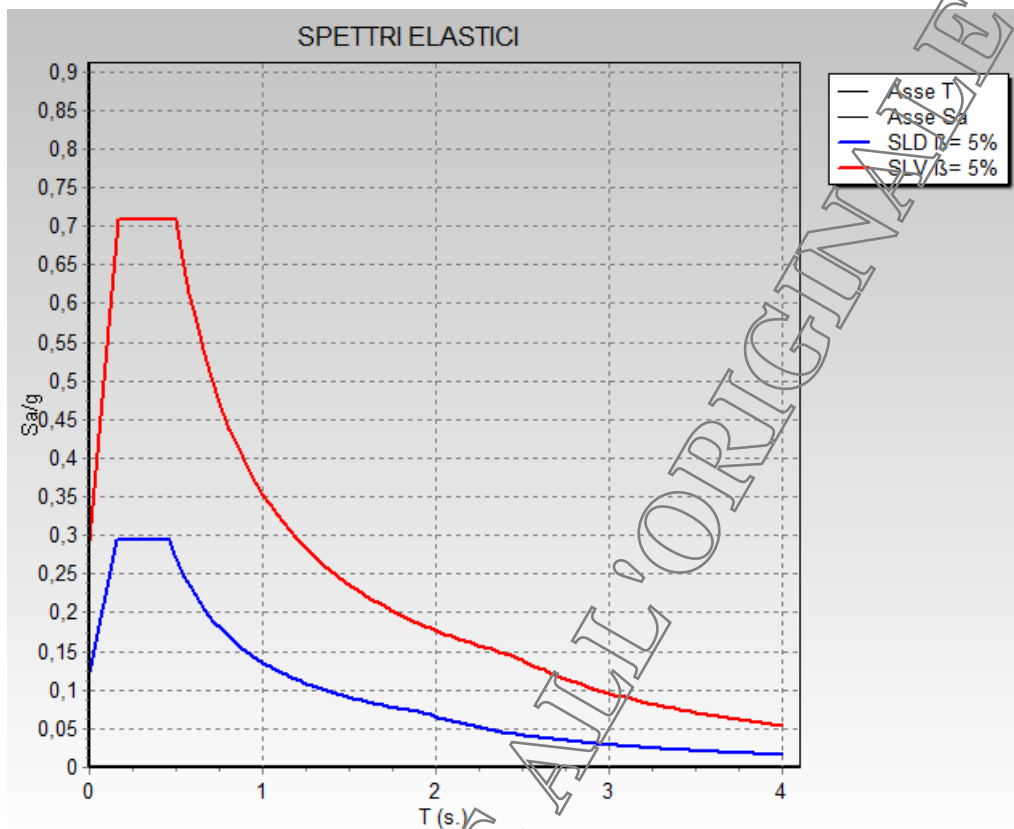


SLV

Attivo	SI
Pvr	0,1
Tr	712
Ag/g	0,209
Fo	2,432522
Tc	0,3301481
Fv	1,501524
TB	0,1665724
TC	0,4997171
TD	2,436264
Ss	1,394866
Spost.Rel	0.025 h

SLD

Attivo	SI
Pvr	0,63
Tr	75
Ag/g	0,081
Fo	2,420759
Tc	0,2936964
Fv	0,9337229
TB	0,154014
TC	0,4620419
TD	1,926532
Ss	1,5
Spost.Rel	0.005 h
Verif. Resist.	SI



7. RELAZIONE SUI MATERIALI

La presente relazione è stata redatta ai sensi dell'art. 65 del D.P.R. n. 380 del 06.06.2001 e delle Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M. 17.01.2018.

I materiali ed i prodotti per uso strutturale ove incorporati permanentemente in un'opera devono soddisfare **in maniera prioritaria** il requisito base delle opere n.1 "resistenza meccanica e stabilità" di cui all'Allegato 1 del Regolamento UE 305/2011.

I materiali e prodotti per uso strutturale 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 identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Il Direttore dei Lavori deve acquisire la documentazione di accompagnamento nonché la documentazione che attesti la identificazione e la qualificazione del prodotto differente a seconda dei seguenti casi:

- A) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata (del tipo hEN) i cui riferimenti devono essere già pubblicati sulla GUUE. Ciascuna norma armonizzata ha un periodo di coesistenza nel quale l'applicazione della stessa non è obbligatoria. Al termine di tale periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se corredati della "**DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE (DoP)**" e della "**MARCATURA CE**".
- B) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non esiste alcuna norma armonizzata o nel caso in cui esista non sia ancora terminato il periodo di coesistenza cioè di applicazione volontaria della stessa. In questo caso l'identificazione e la qualificazione devono avvenire attraverso le procedure indicate dal D.M. 17.01.2018 per ciascun materiale. E' fatto salvo il caso in cui il produttore abbia volontariamente optato per la marcatura CE.
- C) materiali e prodotti per uso strutturale innovativi o comunque non ricadenti nelle precedenti tipologie A) e B). In tali casi il produttore **dovrà** pervenire alla marcatura CE sulla base della pertinente "**Valutazione Tecnica Europea**" (ETA) ovvero dovrà ottenere un **CERTIFICATO DI VALUTAZIONE TECNICA** rilasciato dal Presidente del Consiglio dei Lavori Pubblici.

Al fine di identificare l'identificazione, la qualificazione e la tracciabilità dei materiali e prodotti per uso strutturale, il fabbricante o altro operatore economico (importatore, distributore o mandatario) ai sensi del Regolamento UE 305/2011 è **tenuto a fornire copia della documentazione di identificazione e qualificazione** (casi A, B, C) i cui estremi devono essere riportati anche **sui documenti di trasporto**, dal fabbricante fino al cantiere, comprese le eventuali fasi di commercializzazione intermedia, riferiti alla specifica fornitura.

Per ogni materiale o prodotto identificato e qualificato mediante Marcatura CE è **onere del Direttore dei Lavori**, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere copia della documentazione di marcatura CE e della Dichiarazione di Prestazione di cui al Capo II del Regolamento UE 305/2011, nonché qualora ritenuto necessario, copia del certificato

di costanza della prestazione del prodotto o di conformità del controllo della produzione in fabbrica, di cui al Capo IV ed Allegato V del Regolamento UE 305/2011, rilasciato da idoneo organismo notificato ai sensi del Cap oVII dello stesso Regolamento (UE) 305/2011.

Per i prodotti non qualificati mediante la Marcatura CE, **il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi** del possesso e del regime di validità della documentazione di qualificazione (caso B) o del Certificato di Valutazione Tecnica (caso C). I fabbricanti possono usare come Certificati di Valutazione Tecnica i Certificati di Idoneità tecnica all'impiego, già rilasciati dal Servizio Tecnico Centrale prima dell'entrata in vigore del D.M. 17.01.2018, fino al termine della loro validità.

Il Direttore dei Lavori nell'ambito dell'accettazione dei materiali, prima della loro installazione dovrà verificare

che tali prodotti corrispondano a quanto indicato nella documentazione di identificazione e qualificazione, nonché dovrà accertare l'idoneità all'uso specifico del prodotto mediante verifica delle prestazioni dichiarate per il prodotto stesso nel rispetto dei requisiti stabiliti dalla normativa tecnica applicabile per l'uso specifico e dai documenti progettuali, con particolare riferimento alla presente Relazione sui materiali.

La mancata rispondenza alle prescrizioni sopra riportate comporta il divieto di impiego del materiale o prodotto.

I materiali e prodotti per uso strutturale potranno essere impiegati dalla Impresa appaltatrice nella costruzione solo dopo la sottoscrizione di un verbale di accettazione da parte del Direttore dei Lavori.

Al termine dei lavori che interessano gli elementi strutturali, il Direttore dei Lavori predispone, nell'ambito della Relazione a struttura ultimata di cui all'articolo 65 del DPR.380/01, una sezione specifica relativa ai controlli e prove di accettazione sui materiali e prodotti strutturali, nella quale sia data evidenza documentale riguardo all'identificazione e qualificazione dei materiali e prodotti, alle prove di accettazione ed alle eventuali ulteriori valutazioni sulle prestazioni.

7.1. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciaio laminato a caldo ad alta duttilità del tipo B450C, ad aderenza migliorata, saldabile, qualificato, caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

$f_{y \text{ nom}}$	450 N/mm ²
$f_t \text{ nom}$	540 N/mm ²

e deve rispettare le condizioni indicate nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y, nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t, nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{y, nom})_k$	$< 1,35$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\leq 1,25$	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	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni.

Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera.

La sagomatura e/o l'assemblaggio possono avvenire:

- in cantiere, sotto la vigilanza della Direzione Lavori;
- in centri di trasformazione, solo se provvisti dei requisiti di cui al § 11.3.1.7 delle NTC 2018.

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

Le barre sono caratterizzate dal diametro della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dmc.

Gli acciai B450C, possono essere impiegati in barre di diametro compreso tra 6 e 40 mm.

L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a 16 mm per B450C.

Gli acciai delle reti e tralicci elettrosalati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare 330 mm. I tralicci sono dei componenti reticolari composti con barre ed assemblati mediante saldature. Per le reti ed i tralicci costituiti con acciaio per cemento armato B450C gli elementi base devono avere diametro \emptyset che rispetta la limitazione: $6 \text{ mm} \leq \emptyset \leq 16 \text{ mm}$. Il rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci deve essere: $\emptyset_{\min} / \emptyset_{\max} \geq 0,6$.

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la norma UNI EN ISO 15630-2:2004 pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore sulla tensione di snervamento pari a 450 N/mm². Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo, va controllata e certificata dal produttore di reti e di tralicci.

In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche. Nel caso dei tralicci è ammesso l'uso di staffe aventi superficie liscia perché realizzate con acciaio B450A oppure B450C saldabili.

La produzione di reti e tralicci elettrosaldati può essere effettuata a partire da materiale di base prodotto nello stesso stabilimento di produzione del prodotto finito o da materiale di base proveniente da altro stabilimento.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, questi ultimi possono essere costituiti:

- a) da acciai provvisti di specifica qualificazione;
- b) da elementi semilavorati quando il produttore, nel proprio processo di lavorazione, conferisca al semilavorato le caratteristiche meccaniche finali richieste dalla norma.

In ogni caso il produttore dovrà procedere alla qualificazione del prodotto finito, rete o traliccio, secondo le procedure di cui al punto 11.3.2.11 delle NTC.

Ogni pannello o traliccio deve essere inoltre dotato di apposita marchiatura che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso.

La marchiatura di identificazione può essere anche costituita da sigilli o etichettature metalliche indelebili con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto, ovvero da marchiatura supplementare indelebile. In ogni caso la marchiatura deve essere identificabile in modo permanente anche dopo annegamento nel calcestruzzo.

Laddove non fosse possibile tecnicamente applicare su ogni pannello o traliccio la marchiatura secondo le modalità sopra indicate, dovrà essere comunque apposta su ogni pacco di reti o tralicci un'apposita etichettatura con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del produttore; in questo caso il Direttore dei Lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere deve verificare la presenza della predetta etichettatura. Il Direttore dei Lavori al momento dell'accettazione deve rilevare i dati e fornirli al collaudatore che ne farà cenno nel Certificato di collaudo. In caso di assenza dell'etichettatura il Direttore dei Lavori deve rifiutare la fornitura.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento, ovvero in stabilimenti del medesimo produttore, la marchiatura del prodotto finito può coincidere con la marchiatura dell'elemento base, alla quale può essere aggiunto un segno di riconoscimento di ogni singolo stabilimento.

La deviazione ammissibile per la massa nominale deve essere come riportato nella Tab. 11.3.III seguente.

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

Tutte le forniture di acciaio, provenienti dallo stabilimento di produzione (Produttore), devono essere accompagnate:

- A) nel caso sussista l'obbligo della Marcatura CE

- da copia dalla Dichiarazione di prestazione, dalla prevista marcatura CE nonché dal certificato di controllo interno, riportante un timbro in originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario;
- dal documento di trasporto con la data di spedizione ed il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, al destinatario.

B) nel caso non sussista l'obbligo della Marcatura CE

- dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale, riportante un timbro in originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario (la qualificazione ha validità 5 anni);
- dal documento di trasporto con la data di spedizione ed il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, alle colate, al destinatario.

Gli stabilimenti di produzione (Produttori) di acciai qualificati, di cui al precedente caso B, non sono tenuti ad allegare alle forniture copia dei Certificati rilasciati dal Laboratorio incaricato che effettua i controlli periodici di qualità. Si precisa infatti, al riguardo, che i predetti Certificati non sono significativi ai fini della fornitura, trattandosi di documenti riservati al Servizio Tecnico Centrale per i controlli semestrali nell'ambito del mantenimento e rinnovo della qualificazione. Tali Certificati, peraltro, non possono sostituire i Certificati relativi alle prove effettuate a cura del Direttore dei Lavori, che devono essere rilasciati dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 nell'ambito dei controlli obbligatori di cantiere.

Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

Nel caso di fornitura in cantiere non proveniente da centro di trasformazione, 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.

Tutte le forniture in cantiere di acciaio, provenienti da un centro di trasformazione, che è un impianto esterno al produttore e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in cemento armato quali, ad esempio, elementi saldati e/o presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura), pronti per la messa in opera devono essere accompagnate:

- a) da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di Denuncia dell'attività del centro di trasformazione, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il Direttore dei Lavori lo richieda, lo stesso può prendere visione del registro delle prove di controllo sul quale sono riportati dal Direttore Tecnico i risultati delle prove;
- c) da dichiarazione contenenti i riferimenti alla documentazione fornita dal fabbricante al centro di trasformazione consistente in copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale e dal certificato di controllo interno, in relazione ai prodotti utilizzati nell'ambito della specifica fornitura. Copia della documentazione fornita dal fabbricante e citata nella dichiarazione del centro di trasformazione, è consegnata al Direttore dei Lavori se richiesta.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione.

Della documentazione di cui sopra dovrà prendere atto il collaudatore che riporterà nel certificato di collaudo, gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale. Essi devono essere eseguiti in ragione di 5 campioni ogni 30 t di acciaio impiegato della stessa classe proveniente dallo stesso stabilimento o Centro di trasformazione, anche se con forniture successive.

Il prelievo dei campioni va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo ed alla identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare il riferimento a tale verbale. La richiesta di prove al laboratorio incaricato deve essere sempre firmata dal Direttore dei Lavori, che rimane anche responsabile della trasmissione dei campioni.

Il laboratorio incaricato di effettuare le prove provvede all'accettazione dei campioni accompagnati dalla lettera di richiesta sottoscritta dal direttore dei lavori. Il laboratorio verifica lo stato dei provini e la documentazione di riferimento ed in caso di anomalie riscontrate sui campioni oppure di mancanza totale o parziale degli strumenti idonei per la identificazione degli stessi, deve sospendere l'esecuzione delle prove e darne notizia al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Il prelievo potrà anche essere eseguito dallo stesso laboratorio incaricato della esecuzione delle prove.

I campioni devono essere ricavati da barre di uno stesso diametro o della stessa tipologia (in termini di diametro e dimensioni ma ricavati da pannelli diversi) per reti e tralicci, e recare il marchio di provenienza.

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 nelle Tabelle seguenti, rispettivamente per barre e reti e tralicci:

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:

Tab. 11.3.VII a) – Valori di accettazione in cantiere – barre

Caratteristica	Valore limite	Note
f_y minimo	425 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
f_y massimo	572 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
A_{gt} minimo	$\geq 6,0\%$	per acciai B450C
A_{gt} minimo	$\geq 2,0\%$	per acciai B450A
f_t / f_y	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
f_t / f_y	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per acciai B450A e B450C

Tab. 11.3.VII b) – Valori di accettazione in cantiere – reti e tralicci

Caratteristica	Valore limite	Note
f_y minimo	425 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
f_y massimo	572 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
A_{gt} minimo	$\geq 6,0\%$	per acciai B450C
A_{gt} minimo	$\geq 2,0\%$	per acciai B450A
f_t / f_y	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
f_t / f_y	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Distacco del nodo	\geq Sez. nom. \odot maggiore $\times 450 \times 25\%$	per acciai B450A e B450C

Qualora il risultato non sia conforme a quello dichiarato dal fabbricante, il direttore dei lavori dispone la ripetizione della prova su 6 ulteriori campioni dello stesso diametro.

Ove anche da tale accertamento i limiti dichiarati non risultino rispettati, il controllo deve estendersi, previo avviso al fabbricante nel caso di fornitura di acciaio non lavorato presso un centro di trasformazione, o al centro di trasformazione, a 25 campioni, applicando ai dati ottenuti la formula generale valida per controlli sistematici in stabilimento.

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al fabbricante, nel caso di fornitura di acciaio non lavorato presso un centro di trasformazione, o al centro di trasformazione, che sarà tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione. Analoghe norme si applicano ai controlli di duttilità, aderenza e distacco al nodo saldato: un singolo risultato negativo sul primo prelievo comporta l'esame di sei nuovi campioni dello stesso diametro, un ulteriore singolo risultato negativo comporta l'inidoneità della partita.

Inoltre il direttore dei lavori deve comunicare il risultato anomalo al Servizio tecnico centrale.

Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7, delle NTC 2018, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Le barre non dovranno presentare eccessive corrosioni, ossidazioni o difetti superficiali, ne' dovranno essere ricoperte da sostanze che possano ridurre l'aderenza al conglomerato (grassi, olii, terra e fango) e pertanto i fasci o le gabbie verranno scaricati in un luogo reso asciutto da un letto di magrone o di ghiaia lavata.

ACCIAI INOSSIDABILI

È ammesso l'impiego di acciai inossidabili di natura austenitica o austeno-ferritica, purché le caratteristiche meccaniche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai per cemento armato B450C, con l'avvertenza di sostituire al termine f_t il termine $f_{7\%}$, ovvero la tensione corrispondente ad un allungamento $A_{gt}=7\%$. La saldabilità di tali acciai va documentata attraverso prove di saldabilità certificate da un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ed effettuate secondo gli specifici procedimenti di saldatura, da utilizzare in cantiere o in officina, previsti dal produttore.

ACCIAI ZINCATI

È ammesso l'uso di acciai zincati purché le caratteristiche fisiche, meccaniche e tecnologiche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai normali. I controlli e, di conseguenza, la relativa verifica delle caratteristiche sopra indicate deve essere effettuata sul prodotto finito, dopo il procedimento di zincatura.

7.2. ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE E PER STRUTTURE COMPOSTE

Tutti gli acciai per impiego strutturale devono recare la marcatura CE.

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 e altri prodotti di forma);- travi ad ali parallele del tipo HE e IPE, travi IPN;
- laminati ad U

Prodotti piani:

- lamiere e piatti; - nastri.

Profilati cavi:

- tubi prodotti a caldo.

Prodotti derivati:

- travi saldate (ricavate da lamiere o da nastri a caldo); - profilati a freddo (ricavati da nastri a caldo);
- tubi saldati (cilindrici o di forma ricavati da nastri a caldo); - lamiere grecate (ricavate da nastri a caldo).

E' consentito l'impiego anche di acciaio inossidabile per la realizzazione di strutture metalliche, e composte.

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$;

modulo di elasticità trasversale $G = E / [2 * (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$;

coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$;

coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$ (per temperature fino a $100 \text{ } ^\circ\text{C}$);

densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$.

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle tabelle seguenti:

Tab. 4.2.I – Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	560	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
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	580
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tab. 4.2.II - Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	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		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		
S460 NH/NHL	460	550		

L'eventuale processo di saldatura dovrà avvenire in base alle indicazioni del paragrafo 11.3.4.5 delle NTC 2018.

Viti a non a serraggio controllato, dadi e rondelle devono essere associati come nella tabella seguente:

Tab. 11.3.XIII.a

Viti	Dadi	Rondelle	Riferimento
Classe di resistenza UNI EN ISO 898-1:2013	Classe di resistenza UNI EN ISO 898-2:2012	Durezza	
4.6	4; 5; 6 oppure 8	100 HV min.	UNI EN 15048-1
4.8			
5.6	5; 6 oppure 8		
5.8			
6.8	6 oppure 8		
8.8	8 oppure 10	100 HV min oppure 300 HV min.	
10.9	10 oppure 12		

Il primo numero, moltiplicato per 100 indica il carico unitario di rottura a trazione del materiale della vite, in N/mm² (o MPa); il prodotto dei due numeri moltiplicato per 10 indica il carico unitario di snervamento, sempre in N/mm², quindi indica il limite di deformazione elastica; il secondo numero, diviso per 10 indica il rapporto tra i carichi di snervamento e di rottura.

Le tensioni di snervamento f_{yb} e di rottura f_{tb} delle viti appartenenti alle classi indicate nella precedente Tab. 11.3.XIII.a sono riportate nella seguente Tabella. 11.3.XIII.b:

Tab. 11.3.XIII.b

Classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{tb} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

Viti a serraggio controllato, dadi e rondelle devono essere associati come nella tabella seguente:

Tab. 11.3.XIV

Sistema	Viti		Dadi		Rondelle	
	Classe di resistenza	Riferimento	Classe di resistenza	Riferimento	Durezza	Riferimento
HR	8.8	UNI EN 14399-1	8	UNI EN 14399-3	300-370 HV	UNI EN 14399 parti 5 e 6
	10.9	UNI EN 14399-3	10	UNI EN 14399-3		
HV	10.9	UNI EN 14399-4	10	UNI EN 14399-4		

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma UNI 10263.

I connettori a piolo devono avere le caratteristiche meccaniche di cui al paragrafo 11.3.4.7 delle NTC 2008.

Tutte le forniture di acciaio, provenienti dallo stabilimento di produzione (Produttore), devono essere accompagnate:

A) nel caso sussista l'obbligo della Marcatura CE (laminati, profilati IPE, HE, Ecc.)

- da copia dalla Dichiarazione di prestazione, dalla prevista marcatura CE nonché dal certificato di controllo interno, riportante un timbro in originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario;
- dal documento di trasporto con la data di spedizione ed il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, al destinatario.

B) nel caso non sussista l'obbligo della Marcatura CE

- dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale, riportante un timbro in originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario (la qualificazione ha validità 5 anni);
- dal documento di trasporto con la data di spedizione ed il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, alle colate, al destinatario.

Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

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

Tutte le forniture di acciaio, provenienti da centri di trasformazione che nell'ambito degli acciai per carpenteria metallica sono i centri di produzione di lamiere grecate e profilati formati a freddo (impianti che ricevono dai produttori di acciaio nastri o lamiere in acciaio e realizzano profilati formati a freddo, lamiere grecate e pannelli composti profilati, ivi compresi quelli saldati che però non siano sottoposti a successive modifiche e trattamenti termici) i centri di prelavorazione di componenti strutturali, (impianti che ricevono dal produttore di acciaio elementi base (prodotti lunghi o piani) e realizzano elementi singoli prelavorati che vengono successivamente utilizzati dalle officine di produzione che realizzano strutture complesse nell'ambito delle costruzioni) le officine di produzione di carpenterie metalliche, le officine di produzione di elementi strutturali di serie e le officine per la produzione di bulloni e chiodi, devono essere accompagnate:

- a) da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di Denuncia dell'attività del centro di trasformazione, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il Direttore dei Lavori lo richieda, lo stesso può prendere visione del registro delle prove di controllo sul quale sono riportati dal Direttore Tecnico i risultati delle prove;
- c) da dichiarazione contenenti i riferimenti alla documentazione fornita dal fabbricante al centro di trasformazione consistente in copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale e dal certificato di controllo interno, in relazione ai prodotti utilizzati nell'ambito della specifica fornitura. Copia della documentazione fornita dal fabbricante e citata nella dichiarazione del centro di trasformazione, è consegnata al Direttore dei Lavori se richiesta.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

Il prelievo dei campioni va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo ed alla identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale. La richiesta di prove al laboratorio incaricato deve essere sempre firmata dal Direttore dei Lavori, che rimane anche responsabile della trasmissione dei campioni.

Qualora la fornitura, di elementi lavorati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore Tecnico del Centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

A seconda delle tipologie di materiali pervenute in cantiere il Direttore dei Lavori deve effettuare i seguenti controlli:

- Elementi di Carpenteria Metallica: 3 prove ogni 90 tonnellate; il numero di campioni, prelevati e provati nell'ambito di una stessa opera, non può comunque essere inferiore a tre. Per opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di quantità di acciaio da carpenteria non superiore a 2 tonnellate, il numero di campioni da prelevare è individuato dal Direttore dei Lavori, che terrà conto anche della complessità della struttura.
- Lamiere grecate e profili formati a freddo: 3 prove ogni 15 tonnellate; il numero di campioni, prelevati e provati nell'ambito di una stessa opera, non può comunque essere inferiore a tre. Per opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di una quantità di lamiere grecate o profili formati a freddo non superiore a 0.5 tonnellate, il numero di campioni da prelevare è individuato dal Direttore dei Lavori.
- Bulloni e chiodi: 3 campioni ogni 1500 pezzi impiegati; il numero di campioni, prelevati e provati nell'ambito di una stessa opera, non può comunque essere inferiore a tre. Per opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di una quantità di pezzi non superiore a 100, il numero di campioni da prelevare è individuato dal Direttore dei Lavori.
- Giunzioni meccaniche: 3 campioni ogni 100 pezzi impiegati; il numero di campioni, prelevati e provati nell'ambito di una stessa opera, non può comunque essere inferiore a tre. Per opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di una quantità di pezzi non superiore a 10, il numero di campioni da prelevare è individuato dal Direttore dei Lavori.

I controlli di accettazione devono essere effettuati prima della posa in opera degli elementi e/o dei prodotti.

Se le strutture in acciaio sono saldate in fase di inizio fornitura si dovranno consegnare i documenti previsti dal paragrafo 11.3.4.5 della NTC18.

Nel presente progetto si prevede l'impiego di:

acciaio S275

bulloni: classe 8.8

7.3. CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo impiegato per l'esecuzione delle strutture sarà di classe di resistenza minima **C25/30** per le strutture di fondazione e **C28/35** per le strutture di elevazione (il primo dei valori rappresenta f_{ck} (valore caratteristico di resistenza cilindrica a compressione uniassiale misurata su provini di diametro 150 mm. e altezza 300 mm) e il secondo R_{ck} (valore caratteristico di resistenza cubica a compressione uniassiale misurata su provini cubici di spigolo 150 mm.) ambedue espressi N/mm²), di classe di consistenza **S4** (abbassamento al cono di Abrams).

La classe di esposizione per le strutture di fondazione sarà **XC2** (massimo rapporto acqua/cemento = 0,6; minima classe di resistenza C25/30; dosaggio minimo di cemento 300 kg) la classe di esposizione per le strutture di elevazione sarà **XC3-XC1**. (massimo rapporto acqua/cemento = 0,55; minima classe di resistenza C28/35; dosaggio minimo di cemento 320 kg). Il diametro massimo dell'aggregato dovrà essere pari a **12 mm**. (8-12-16-20-22-32-40-63)

Normalmente il diametro massimo dell'inerte deve essere tale che:

- 1) non superi la dimensione di un quarto della dimensione minima della struttura;
- 2) deve essere minore dell'interferro meno 5 mm;
- 3) deve essere minore di 1,3 volte lo spessore del copriferro ($c/1,3$).

La dimensione massima dell'aggregato pertanto comporta delle limitazioni sul copriferro e interferro.

La funzione dei copriferri è duplice:

- 1) Favorire l'adesione tra le barre di armatura e il calcestruzzo teso della sezione che collabora così, nelle sezioni non fessurate, alla resistenza a trazione della sezione;
- 2) Costituire la protezione delle armature dall'insorgere dei fenomeni di corrosione;

Il copriferro nominale di progetto, da indicare obbligatoriamente sui grafici di progetto, è dato da:

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$ dove:

c_{nom} = valore nominale di progetto;

c_{min} = valore minimo del copriferro;

Δc_{dev} = la tolleranza di esecuzione relativa al copriferro

Il valore della tolleranza di esecuzione Δc_{dev} , è assunto di norma pari a 10 mm, ma se in cantiere si prevedono controlli di qualità che comportano una accurata verifica in opera degli spessori effettivi del copriferro, nonché del corretto posizionamento delle armature, può assumersi $\Delta c_{dev}=5$ mm.

Nel caso si prevedono particolari controlli di qualità e la possibilità di poter scartare gli elementi strutturali con copriferro non conforme (è il caso in cui si usano elementi prefabbricati), può assumersi $\Delta c_{dev}=0$.

Il valore minimo del copriferro è dato da:

$c_{min} = \text{MAX}(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm})$ dove:

$c_{min,b}$ = copriferro minimo necessario per l'aderenza delle armature;

$c_{min,dur}$ = copriferro minimo correlato alle condizioni ambientali (durabilità).

Il valore di $c_{min,b}$ è da assumersi pari al diametro della barra per barre isolate, pari al diametro equivalente per barre raggruppate ($\phi \cdot \sqrt{n_b}$). Se la dimensione dell'inerte è più grande di 32 mm, il valore di $c_{min,b}$ deve essere maggiorato di 5 mm.

Le dimensioni minima da assumere per il copriferro in relazione alle condizioni ambientali ($c_{min,dur}$), sono funzione della classe strutturale e della classe ambientale e si ricavano dalla tabella C4.1.IV della Circolare "Istruzioni per le applicazioni NTC 2008" in attesa della pubblicazione della nuova Circolare relativa alla NTC2018.

Tenendo conto del diametro massimo dell'aggregato, della vita nominale della struttura e della tabella C4.1.IV della Circolare "Istruzioni per le applicazioni NTC 2008" si ricava il seguente ricoprimento minimo del calcestruzzo (copriferro) da utilizzare nel progetto:

elementi a piastra (setti, solette e platee) $\geq 2+0,5 = 2,5$ cm.

altri elementi (travi e pilastri, setti) $\geq 2,5+0,5 = 3,0$ cm.

L'interferro dovrà essere non inferiore al diametro delle barre per garantire il necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo e dovrà essere non inferiore al diametro massimo dell'aggregato aumentato di 0,5 cm. Nel presente progetto l'interferro dovrà essere ≥ 12 mm. + 5 mm. = 17 mm. arr. 20 mm.

Le componenti del calcestruzzo (leganti, aggregati, acqua di impasto, additivi, aggiunte) impiegate per garantire le classi di resistenza, consistenza e di esposizione previste in progetto devono essere conformi alle prescrizioni contenute nel Paragrafo 11.2.9 delle NTC 2018.

Il costruttore, prima dell'inizio della costruzione di un'opera, deve effettuare idonee prove preliminari di studio, per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare ed acquisire idonea documentazione relativa ai componenti per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo al fine di ottenere le prestazioni richieste dal progetto.

Le prove preliminari di studio sono finalizzate ad ottenere il calcestruzzo più rispondente sia alle caratteristiche prescritte dal progettista sia alle esigenze costruttive, in termini di classe di resistenza, classe di consistenza, tempi di maturazione, etc. In genere lo studio della miscela viene condotto presso il produttore di calcestruzzo, sotto il controllo di un laboratorio autorizzato, ovvero presso il laboratorio stesso.

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di acquisire, prima dell'inizio della costruzione, la documentazione relativa alla valutazione preliminare delle prestazioni e di accettare le tipologie di calcestruzzo da fornire con facoltà di fare eseguire ulteriori prove preliminari. **Il Direttore dei lavori ha comunque l'obbligo** di fare eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la corrispondenza delle caratteristiche del calcestruzzo fornito rispetto a quelle stabilite dal progetto.

Nel caso invece di forniture provenienti da impianto di produzione industrializzata con sistema di controllo della produzione (FPC Factory Production Control) la documentazione da fornire è costituita da quella di identificazione, qualificazione e controllo dei prodotti. Il Direttore dei lavori, nel caso di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato prima dell'inizio delle opere in calcestruzzo deve farsi dare copia del certificato del controllo della produzione "Certificato di FPC" ed è tenuto a verificare che i documenti che accompagnano (bolla di spedizione) ogni fornitura di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di controllo rilasciato da organismi terzi indipendenti autorizzati dal Servizio tecnico centrale del consiglio superiore dei LL.PP.

Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori.

Per produzioni di calcestruzzo inferiori a 1500 mc di miscela omogenea, effettuate direttamente in cantiere, mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati, la stessa deve essere confezionata sotto la diretta responsabilità del costruttore. Il Direttore dei Lavori dovrà farsi consegnare prima dell'inizio delle forniture documentazione relativa ai criteri ed alle prove che hanno portato alla determinazione delle prestazioni di ciascuna miscela omogenea di conglomerato.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee (confezionate con la stessa miscela e con le medesime procedure) e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A;
- controllo di tipo B;

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla Tab. 11.2.I seguente:

Tab. 11.2.I

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_{c,min} \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_{cm28} \geq R_{ck} + 3,5$ (N° prelievi: 3)	$R_{cm28} \geq R_{ck} + 1,48 s$ (N° prelievi ≥ 15)

Ove: R_{cm28} = resistenza media dei prelievi (N/mm²); $R_{c,min}$ = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm²);
s = scarto quadratico medio

Il controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 mc. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi (sei provini), ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 mc. di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 mc massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo. Nelle costruzioni con meno di 100 mc di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

Il controllo di tipo B è obbligatorio nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 mc di miscela omogenea. Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 mc di calcestruzzo.

Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi ciascuno dei quali eseguito su 100 mc. di getto di miscela omogenea. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Se si eseguono controlli statistici accurati, l'interpretazione dei risultati sperimentali può essere svolta con i metodi completi dell'analisi statistica assumendo la legge di distribuzione più corretta e il suo valore medio unitamente al coefficiente di variazione (rapporto tra deviazione standard e valore medio). Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3.

Per calcestruzzi con coefficiente di variazione (s / Rm) superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati integrati con prove complementari di cui al §11.2.7 delle NTC.

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia nella fase di getto **che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo**, a fornire indicazioni circa le corrette modalità di prelievo dei campioni, a

fornire indicazioni circa le corrette modalità di conservazione dei campioni in cantiere, fino alla consegna al laboratorio incaricato delle prove, ad identificare i provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; **la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.** La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo, la data di prelievo, gli estremi dei relativi verbali di prelievo. Le prove non richieste dal Direttore dei Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2009, **tra il 28° e il 30°** giorno di maturazione **e comunque entro 45 giorni dalla data di prelievo.** In caso di mancato rispetto di tali termini le prove di compressione vanno integrate da quelle riferite al controllo della resistenza del calcestruzzo in opera.

I "controlli di accettazione" sono obbligatori **ed il collaudatore** è tenuto a controllarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai "controlli di accettazione".

7.4. COMPONENTI PREFABBRICATI IN C.A. E C.A.P.

Gli elementi costruttivi prefabbricati devono essere prodotti attraverso un processo industrializzato che si avvale di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate.

In particolare, deve essere presente ed operante un sistema permanente di controllo della produzione in stabilimento, che deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione del calcestruzzo, nell'impiego dei singoli materiali costituenti e nella conformità del prodotto finito.

Detto sistema di controllo deve comprendere anche la produzione del calcestruzzo secondo quanto prescritto al § 11.2 delle NTC.

A tutti gli elementi prefabbricati dotati di marcatura CE si applica quanto riportato nei punti A oppure C del § 11.1 delle NTC. In tali casi, inoltre, si considerano assolti i requisiti procedurali di cui al deposito ai sensi dell'art.9 della Legge 05.11.71 n.1086 ed alla certificazione di idoneità di cui agli artt. 1 e 7 della Legge 02.02.74 n.64. Resta comunque l'obbligo del deposito del progetto presso il competente ufficio regionale.

Per tutti gli elementi prefabbricati ai quali non sia applicabile quanto specificato al punto A oppure al punto C del § 11.1, valgono le disposizioni contenute nel paragrafo 11.8 delle NTC.

Ogni elemento prefabbricato prodotto in serie, deve essere appositamente contrassegnato da marchiatura fissa, indelebile o comunque non rimovibile, in modo da garantire la rintracciabilità del produttore e dello stabilimento di produzione, nonché individuare la serie di origine dell'elemento. Inoltre, per manufatti di peso superiore ad 8 kN, dovrà essere indicato in modo visibile, per lo meno fino all'eventuale getto di completamento, anche il peso dell'elemento.

Tutte le forniture di elementi costruttivi prefabbricati in c.a. e in c.a.p. devono riportare il marchio del produttore e devono essere accompagnate oltre che dalla documentazione attestante la marcatura

CE o la qualificazione nazionale, da apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell'art. 58 del DPR n. 380/2001, da consegnare al Direttore dei Lavori dell'opera in cui detti elementi costruttivi vengono inseriti, che ne curerà la conservazione.

Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, di regola:

- a) i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera, compreso l'elenco degli elementi forniti con relativi contrassegni;
- b) apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;
- c) le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti;
- d) elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego e la manutenzione dei manufatti. Tali elaborati dovranno essere consegnati dal Direttore dei Lavori al Committente, a conclusione dell'opera;
- e) per elementi di serie qualificati, certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal Direttore Tecnico responsabile della produzione. Il certificato, che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, deve riportare il nominativo del progettista e copia dell'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale;
- f) documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del Registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio incaricato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380/2001; tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare le eventuali forniture non conformi a quanto riportato nel presente paragrafo.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del Direttore dei Lavori di cui all'art.65 del DPR n. 380/2001 (relazione a strutture ultimate).

Prima di procedere all'accettazione dei manufatti, il Direttore dei Lavori deve verificare che essi siano effettivamente contrassegnati e accompagnati dalla documentazione prescritta. Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

Il produttore di elementi prefabbricati deve altresì fornire al Direttore dei Lavori, e questi al Committente, gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal Progettista e dal Direttore Tecnico della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

- g) destinazione del prodotto;
- h) requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;
- i) prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale;
- j) prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;
- k) tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

Nella documentazione di cui sopra il progettista deve indicare espressamente:

- le caratteristiche meccaniche delle sezioni, i valori delle coazioni impresse, i momenti di servizio, gli sforzi di taglio massimo, i valori dei carichi di esercizio e loro distribuzioni, il

tipo di materiale protettivo contro la corrosione per gli apparecchi metallici di ancoraggio, dimensioni e caratteristiche dei cuscinetti di appoggio, indicazioni per il loro corretto impiego;

- se la sezione di un manufatto resistente deve essere completata in opera con getto integrativo, la resistenza richiesta;
- la possibilità di impiego in ambiente aggressivo e le eventuali variazioni di prestazioni che ne conseguono.

7.5. VETRI DI SICUREZZA

Si definiscono vetri di sicurezza le tipologie di vetro le cui caratteristiche di rottura sono state modificate tramite lavorazioni di trasformazione, conferendo loro le “modalità di rottura sicura”.

Secondo le normative vigenti, la modalità di rottura può essere considerata sicura se la lastra di vetro si rompe in modo tale da ridurre al minimo il rischio di danni a persone o cose, cioè da non poter provocare lesioni significative.

Sulla base del comportamento alla rottura sono considerati vetri di sicurezza i vetri stratificati di sicurezza e i vetri temprati di sicurezza che corrispondono ai requisiti delle rispettive norme di prodotto.

Non possono essere considerati vetri di sicurezza:

- il vetro ricotto, cioè il vetro ordinario;
- il vetro indurito, termicamente o chimicamente, la cui rottura avviene in pezzi grossolani e in grado di provocare ferite.

Il vetro armato pur non rispondendo pienamente alle “modalità di rottura sicura”, può essere utilizzato in limitate applicazioni in edifici storici, nel caso di sostituzioni di copertura, per la sua capacità di offrire una resistenza residua post-rottura, oltre ad una certa capacità di ritenzione dei frammenti.

I prodotti vetrari immessi sul mercato devono essere corredati di marcatura CE e le loro caratteristiche prestazionali e di durabilità sono garantite dal produttore, che se ne assume la responsabilità della conformità alla Dichiarazione di Prestazione. Se poi sono marchiati anche CSICERT UNI, ciò significa che sono stati sottoposti ad un controllo più efficace e severo perché in tale procedura interviene anche un ente esterno sulla base di Regolamenti CSI specifici di prodotto.