

# REGIONE SICILIANA

## COMUNE DI VALLELUNGA PRATAMENO

PROVINCIA DI CALTANISSETTA

**OGGETTO:** Lavori di rifacimento del manto di gioco del campo di calcio comunale di Vallelunga Pratameno (CL) da realizzarsi in erba artificiale e adeguamento normativo

### PROGETTO ESECUTIVO

D.lgs. 50/2016 e ss.mm.ii.

| <b>TAVOLA</b>   | <b>ELABORATO</b>                            | <b>DATA</b>   |
|---|---|---|
| <b>N. 17</b>  | <b>RELAZIONE DI CALCOLO E SUI MATERIALI</b> | <b>SETTEMBRE 2020</b>                                   |
| <b>IL R.U.P.</b><br>Ufficio Tecnico Comunale<br>Arch. Antonio Francesco Izzo      |   | <b>IL COMMITTENTE</b><br>Comune di Vallelunga Pratameno |
| <b>IL PROGETTISTA</b><br>Ufficio Tecnico Comunale<br>Arch. Antonio Francesco Izzo |   |   |

# RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, SUL CODICE DI CALCOLO E SUI MATERIALI

(redatta ai sensi dell'art.17 della Legge 64/74 e del capitolo 10 delle norme tecniche sulle costruzioni approvate con D.M. del 14 gennaio 2008)

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. PREMESSA .....   | 2  |
| 2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI DI PROGETTO.....                          | 2  |
| 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....   | 4  |
| 4. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA .....                                       | 4  |
| 5. COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLE COSTRUZIONI.....                                   | 6  |
| 6. AZIONI AMBIENTALI E NATURALI .....   | 7  |
| 7. DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI VARIABILI DOVUTO ALLE AZIONI<br>ANTROPICHE..... | 8  |
| 8. MODELLI DI CALCOLO.....  | 9  |
| 9. TOLLERANZE.....  | 9  |
| 10. DURABILITÀ .....  | 9  |
| 11. REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 14.01.2008).....                                 | 10 |
| 12. MISURA DELLA SICUREZZA .....  | 10 |
| 13. CRITERI ADOTTATI PER LA SCHEMATIZZAZIONE DELLE STRUTTURE.....                     | 10 |
| 14. COMBINAZIONI DI CALCOLO .....   | 12 |
| 15. AZIONI SULLE COSTRUZIONI.....   | 14 |
| 16. SOFTWARE UTILIZZATI –TIPO DI ELABORATORE.....                                     | 15 |
| 17. CODICE DI CALCOLO, SOLUTORE E AFFIDABILITA' DEI RISULTATI .....                   | 16 |
| 18. VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO<br>ACCETTABILITÀ .....   | 16 |
| 19. PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO.....   | 17 |

## 1. PREMESSA

La presente relazione di calcolo viene redatta nell'ambito del progetto di livello esecutivo denominato "*Rifacimento manto di gioco del campo di calcio*" nel comune di Vallelunga Pratameno (CL).

Si descrivono di seguito le lavorazioni previste nell'intervento progettuale:

- demolizioni, scavi e trasporti;
- nuovo manto di gioco;
- impianto di drenaggio e irrigazione;
- impianto di illuminazione;
- attrezzature;
- rampa pedonale in c.a.;
- scala e rampa per disabili in acciaio.

## 2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI DI PROGETTO

Si descrivono nel proseguo le opere strutturali che sono state oggetto di calcoli di verifica.

### **Rampa pedonale in c.a.**

La realizzazione della rampa pedonale si renderà necessaria per garantire una seconda via di uscita degli spettatori, ai sensi dell'art.8 del D.M. 18/03/1996 "Norme di sicurezza per la costruzione e l'esercizio degli impianti sportivi". La rampa sarà ubicata nell'angolo sud-ovest dell'impianto sportivo, si svilupperà come via di esodo verso una servitù di passaggio a favore del Comune e quindi verso la Strada Comunale per una lunghezza di mt. 37,00 circa ed una larghezza di mt. 2,00, superando un dislivello di mt. 4,00. La rampa prevista non presenta gradini, ha una pendenza massima inferiore al 12% ( $1,00 \text{ mt.} / 8,50 \text{ mt.} = 11,76 \%$ ) e piani di riposo orizzontali profondi 1,20 mt. ogni 8,50 mt. di sviluppo della stessa.

Per la realizzazione della suddetta rampa pedonale sarà prevista l'esecuzione delle seguenti tipologie di muri di sostegno in c.a. a mensola di varia altezza:

- Muro Tipo 1 avente una fondazione del tipo diretta con piano di posa -1,00m dal piano campagna e altezza della mensola variabile da 4,00m a 4,70m. L'estensione longitudinale complessiva del muro sarà di 6,50 m con un sovraccarico accidentale dovuto al passaggio pedonale previsto a monte del muro di intensità pari a 400 Kg/mq;
- Muro Tipo 2 avente una fondazione del tipo diretta con piano di posa -1,00m dal piano campagna e altezza della mensola variabile da 2,90m a 4,00m. L'estensione longitudinale complessiva del muro sarà di 10,20 m con un sovraccarico accidentale dovuto al passaggio pedonale previsto a monte del muro di intensità pari a 400 Kg/mq;

- Muro Tipo 3 avente una fondazione del tipo diretta con piano di posa -1,00m dal piano campagna e altezza della mensola variabile da 2,00m a 3,00m. L'estensione longitudinale complessiva del muro sarà di 9,25 m con un sovraccarico accidentale dovuto al passaggio pedonale previsto a monte del muro di intensità pari a 400 Kg/mq;
- Muro Tipo 4 avente una fondazione del tipo diretta con piano di posa -1,00m dal piano campagna e altezza della mensola variabile da 0,80m a 2,00m. L'estensione longitudinale complessiva del muro sarà di 11,10 m con un sovraccarico accidentale dovuto al passaggio pedonale previsto a monte del muro di intensità pari a 400 Kg/mq.

Tutte le tipologie di muri sopra descritti verranno realizzati con fondazioni e pareti in conglomerato cementizio per strutture in cemento armato avente classe di resistenza pari a C25/30. Verrà impiegato acciaio in barre ad aderenza migliorata Classi B450 C controllato in stabilimento, in barre di opportuno diametro.

Per i disegni esecutivi si rimanda alla *Tav. B.3.f – Rampe e scala – disegni carpenteria esecutiva*.

### **Scala e rampa per disabili in acciaio**

Al fine di superare il dislivello esistente tra la zona spettatori e la zona di attività sportiva, pari a circa 1,70 mt., sarà realizzata una struttura di collegamento costituita da una rampa e da una contrapposta scala, ubicata di fronte alla tribuna spettatori.

La rampa di collegamento, così come la scala, avrà larghezza di mt.1,50, pendenza massima dell'8%, con ripiani orizzontali profondi mt.1,50 ogni 10 ml. di sviluppo.

La nuova struttura sarà eseguita mediante l'assemblaggio in situ della carpenteria metallica realizzata in stabilimento secondo i disegni esecutivi di progetto allegati alla presente relazione e pronta per l'assemblaggio, in opera tramite giunti bullonati o saldati, compresi i bulloni a media ed alta resistenza, completa di forature, saldature con elettrodi omologati, piegature e quanto altro necessario per la realizzazione dei singoli elementi.

La nuova struttura sarà composta da:

- struttura di fondazione diretta su travi in c.a. aventi piano di posa a quota -1,00 m dal piano campagna. Nell'esecuzione della struttura di fondazione, sarà previsto l'impiego di conglomerato cementizio avente Classe di esposizione XC2, corrispondente alla classe di resistenza C25/30 e armature in barre ad aderenza migliorata in acciaio B450C;
- carpenteria metallica costituita da colonne HEA 000 in acciaio S275J. Le colonne HEA 100 saranno ancorate alla base mediante piastre in acciaio S275J dello spessore pari a 15mm da ancorare alla struttura di fondazione tramite tirafondi filettati  $\varnothing$  14mm;

- carpenteria metallica costituita da travi IPE 100/160 e UPN 160 in acciaio S275J. Le travi saranno ancorate alle colonne HEA 100 e collegate tra di loro, mediante squadrette, piastre e flangie in acciaio S275J da ancorare mediante bulloni del diametro  $\varnothing$  10mm e classe viti 8.8.
- controventature dei telai, lungo il piano verticale, costituita da profili angolari ANG 50x4 in acciaio S275J. Le controventature saranno collegate mediante bulloni del diametro  $\varnothing$  10mm e classe vite 8.8 ai fazzoletti in acciaio S275J dello spessore pari a 4mm da saldare a loro volta ai profili HEA 100 e IPE 100;
- piani realizzati mediante pannelli in grigliato tipo “Orsogrill” maglia 33x33mm avente piatto portante 40x3mm con interasse pari a 33mm;
- gradini scala realizzati mediante pannelli in grigliato tipo “Orsogrill” maglia 25x76mm avente piatto portante 25x2mm con interasse pari a 25mm.

Per i disegni esecutivi si rimanda alla *Tav. B.3.f – Rampe e scala – disegni carpenteria esecutiva*.

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il calcolo delle opere si è svolta nel rispetto della seguente normativa vigente:

- D.M 14.01.2008 - Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;

### 4. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA

#### *Sicurezza e prestazioni attese*

Le prestazioni e la vita nominale della struttura sono state definite di concerto alla committenza in funzione delle destinazioni d'uso, individuando la classe d'uso e il periodo di riferimento per l'azione sismica che risultano:

| CLASSE D'USO | VITA NOMINALE | PERIODO RIFER. AZIONE SISMICA |
|--------------|---------------|-------------------------------|
| III          | 50 anni       | 75 anni                       |

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando opportuni stati limite definiti di concerto alla committenza in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita utile e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 18.01.2008. La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore della corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

In particolare si è verificata :

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 18.01.2008 per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate;
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (SLE) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell'allegato fascicolo dei calcoli;
- la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (SLD) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica
- robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani;

Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 18.01.2008 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare, con riferimento al significato dei simboli di cui al punto 2.5.1 e 2.5.2 del D.M. 18.01.2008 e ai valori dei coefficienti parziali di sicurezza e di combinazione di cui al punto 2.5.3 e 2.6.1 del medesimo decreto, sono state considerate le seguenti combinazioni:

- ***combinazione fondamentale 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 frequente, 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, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) e 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 di ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:***

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

Nei confronti delle azioni sismiche, gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono stati individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Si è garantito il rispetto dei seguenti stati limite:

- per gli stati limite di esercizio, **lo stato limite di danno (SLD)**: a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi subito utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature;
- per gli stati limite ultimi, **lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV)**: a seguito del terremoto, la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

## 5. COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle NTC 2008 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

| <b>Categoria/Azione variabile</b>                                    | <b><math>\psi_{0j}</math></b> | <b><math>\psi_{1j}</math></b> | <b><math>\psi_{2j}</math></b> |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Categoria A Ambienti ad uso residenziale                             | 0,7                           | 0,5                           | 0,3                           |
| Categoria B Uffici   | 0,7                           | 0,5                           | 0,3                           |
| Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento                    | 0,7                           | 0,7                           | 0,6                           |
| Categoria D Ambienti ad uso commerciale                              | 0,7                           | 0,7                           | 0,6                           |
| Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso        | 1,0                           | 0,9                           | 0,8                           |
| Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ ) | 0,7                           | 0,7                           | 0,6                           |
| Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ )    | 0,7                           | 0,5                           | 0,3                           |
| Categoria H Coperture  | 0,0                           | 0,0                           | 0,0                           |
| Vento  | 0,6                           | 0,2                           | 0,0                           |
| Neve (a quota $\leq 1000$ 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                           |

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle NTC 2008 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I

## 6. AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

Si è concordato con il Committente che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Danno (SLD)**

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

| Stati Limite PVR :        |     | Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR |
|---------------------------|-----|--|
| Stati limite di esercizio | SLO | 81%  |
|                           | SLD | 63%  |
| Stati limite ultimi       | SLV | 10%  |
|                           | SLC | 5%   |

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 14 gennaio 2008 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale
- Classe d'Uso;
- Categoria del suolo;
- Coefficiente Topografico;
- Latitudine e longitudine del sito oggetto di edificazione

Tali valori sono stati utilizzati da apposita procedura informatizzata sviluppata dalla STS s.r.l., che, a partire dalle coordinate del sito oggetto di intervento, fornisce i parametri di pericolosità sismica da considerare ai fini del calcolo strutturale, riportati nei tabulati di calcolo.

Si è inoltre concordato che le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla *neve, dal vento e dalla temperatura* secondo quanto previsto al cap. 3 del DM 14.01.08 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.



## 7. DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI VARIABILI DOVUTO ALLE AZIONI ANTROPICHE

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si è fatto riferimento alla tabella del D.M. 14.01.2008 in funzione della destinazione d'uso. I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti  $q_k$  [kN/m<sup>2</sup>]
- carichi verticali concentrati  $Q_k$  [kN]
- carichi orizzontali lineari  $H_k$  [kN/m]

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

| Cat.   | Ambienti   | $q_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Q_k$<br>[kN]        | $H_k$<br>[kN/m]                                |
|--|--|-------------------------------|----------------------|--|
| A  | <b>Ambienti ad uso residenziale.</b><br>Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)   | 2,00                          | 2,00                 | 1,00   |
| B  | <b>Uffici.</b><br>Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico<br>Cat. B2 Uffici aperti al pubblico   | 2,00<br>3,00                  | 2,00<br>2,00         | 1,00<br>1,00                                   |
| C  | <b>Ambienti suscettibili di affollamento</b><br>Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole<br>Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi<br>Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune | 3,00<br>4,00<br>5,00          | 2,00<br>4,00<br>5,00 | 1,00<br>2,00<br>3,00                           |
| D  | <b>Ambienti ad uso commerciale.</b><br>Cat. D1 Negozi<br>Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...  | 4,00<br>5,00                  | 4,00<br>5,00         | 2,00<br>2,00                                   |
| E  | <b>Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale.</b><br>Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri<br>Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso   | $\geq 6,00$<br>—              | 6,00<br>—            | 1,00*<br>—                                     |
| F-G  | <b>Rimesse e parcheggi.</b><br>Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN<br>Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso  | 2,50<br>—                     | 2 x 10,00<br>—       | 1,00**<br>—                                    |
| H  | <b>Coperture e sottotetti</b><br>Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione<br>Cat. H2 Coperture praticabili<br>Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso  | 0,50<br>—<br>—                | 1,20<br>—<br>—       | 1,00<br>secondo categoria di appartenenza<br>— |
| * non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati   |  |                               |                      |  |
| ** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso |  |                               |                      |  |

I valori nominali e/o caratteristici  $q_k$ ,  $Q_k$  ed  $H_k$  di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle NTC 2008. In presenza di carichi verticali concentrati  $Q_k$  essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dell'orizzontamento, in generale con forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm., salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si sono applicano su due impronte di 200 x 200 mm, distanti assialmente di 1,80 m.

## 8. MODELLI DI CALCOLO

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M.

14.01.2008 ed in particolare:

- analisi elastica lineare per il calcolo delle sollecitazioni derivanti da carichi statici;
- analisi dinamica modale con spettri di progetto per il calcolo delle sollecitazioni di progetto dovute all'azione sismica;
- analisi degli effetti del 2° ordine quando significativi;
- verifiche sezionali agli s.l.u. per le sezioni in c.a. utilizzando il legame parabola rettangolo per il calcestruzzo ed il legame elastoplastico incrudente a duttilità limitata per l'acciaio;

Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli SLU che allo SLD si è fatto riferimento al D.M. 14.01.08 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009, n. 617 che è stata utilizzata come norma di dettaglio.

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono state riportate nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

## 9. TOLLERANZE

Nelle calcolazioni si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1991- EN206 - EN 1992-2005:

- Copriferro  $-5$  mm (EC2 4.4.1.3)
- Per dimensioni  $\leq 150$  mm  $\pm 5$  mm
- Per dimensioni  $\leq 400$  mm  $\pm 15$  mm
- Per dimensioni  $\geq 2500$  mm  $\pm 30$  mm

Per i valori intermedi con interpolazione lineare.

## 10. DURABILITÀ

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (SLE) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà essere utilizzata limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono stati riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è stata posta adeguata cura nelle previsioni sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura prevedendo tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche

dei materiali e delle strutture La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono stati previsti in coerenza con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il Direttore dei Lavori si impegna ad implementare severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle “Norme Tecniche per le Costruzioni” DM 14.01.2008. e relative Istruzioni.

## **11. REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 14.01.2008)**

- UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1995-1 – Costruzioni in legno
- UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni
- UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno

## **12. MISURA DELLA SICUREZZA**

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è stato quello degli Stati Limite (SL) prevedendo due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi **SLU** e gli stati limite di esercizio **SLE**.

La sicurezza è stata quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore delle corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

## **13. CRITERI ADOTTATI PER LA SCHEMATIZZAZIONE DELLE STRUTTURE**

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali.

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

Gli elementi finiti a due nodi possono essere utilizzati in analisi di tipo non lineare potendo modellare non linearità sia di tipo geometrico che meccanico con i seguenti modelli :

1. Matrice geometrica per gli effetti del II° ordine;
2. Non linearità meccanica per comportamento assiale solo resistente a trazione o compressione:

Per gli elementi strutturali bidimensionali (pareti a taglio, setti, nuclei irrigidenti, piastre o superfici generiche) è stato utilizzato un modello finito a 3 o 4 nodi di tipo *shell* che modella sia il comportamento membranale (lastra) che flessionale (piastra).

Tale elemento finito di tipo isoparametrico è stato modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM. Per questo tipo di elementi finiti la precisione dei risultati ottenuti dipende dalla forma e densità della MESH.

Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne.

Le verifiche sono state effettuate sia direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio. Per le azioni dovute al sisma (ed in genere per le azioni che provocano elevata domanda di deformazione anelastica), le verifiche sono state effettuate sulle risultanti (forze e momenti) agenti globalmente su una sezione dell'oggetto strutturale (muro a taglio, trave accoppiamento, etc..)

Nel modello sono stati tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi.

La presenza di eventuali orizzontamenti sono stati tenuti in conto con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL.

L'analisi delle sollecitazioni è stata condotta in fase elastica lineare tenendo conto eventualmente degli effetti del secondo ordine.

Le sollecitazioni derivanti dalle azioni sismiche sono state ottenute sia con da analisi statiche equivalenti che con da analisi dinamiche modali.

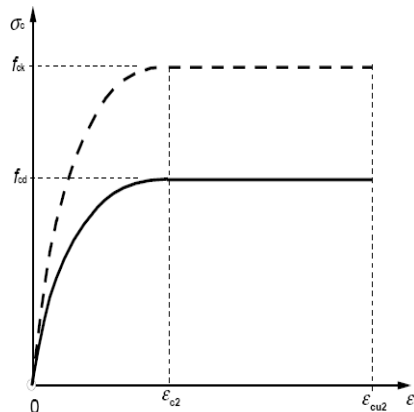
I vincoli tra i vari elementi strutturali e con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

Il modello di calcolo ha tenuto conto dell'interazione suolo-struttura schematizzando le fondazione superficiali (con elementi trave o piastra) su suolo elastico alla Winkler.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare, mentre nelle eventuali analisi non lineari di tipo PUSHOVER i legami costitutivi utilizzati sono di tipo elastoplastico - incrudente a duttilità limitata, elasto-fragile, elastoplastico a compressione e fragile a trazione.

Per le verifiche sezionali sono stati utilizzati i seguenti legami:

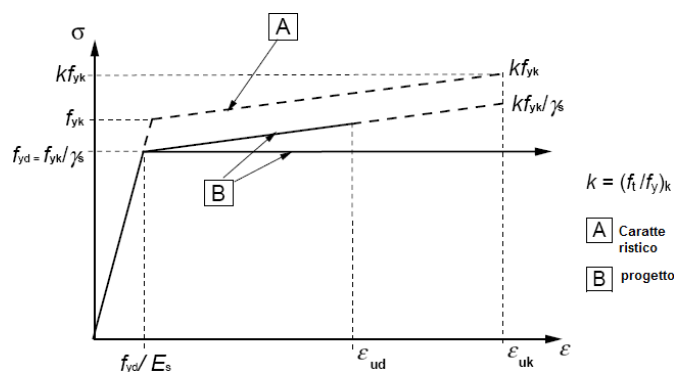
- **LEGAME PARABOLA RETTANGOLO PER IL CALCESTRUZZO**



Legame costitutivo di progetto del calcestruzzo

*Il valore  $\epsilon_{cu2}$  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 PREFETTAMENTE PLASTICO O INCRUDENTE O DUTTILITA' LIMITATA PER L'ACCIAIO**



Legame costitutivo di progetto acciaio per c.a.

Il modello di calcolo utilizzato è rappresentativo della realtà fisica per la configurazione finale anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

**14. COMBINAZIONI DI CALCOLO**

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 14.01.2008 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state definite le seguenti combinazioni delle azioni ( Cfr. al § 2.5.3 NTC 2008):

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU) (2.5.1)
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7(2.5.2)
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili (2.5.3)
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine(2.5.4)
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5):

Nelle combinazioni per SLE, sono stati omessi i carichi  $Q_{kj}$  dal momento che hanno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Altre combinazioni sono state considerate in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.), ove nelle formule il simbolo “+” è da intendersi “combinato con”.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  sono stati desunti dalle norme (Cfr. § 2.6.1, Tab. 2.6.I)

#### **Per le combinazioni sismiche:**

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio sono state effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni (Cfr. § 2.5.3 form. 3.2.16 delle NTC 2008)

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

I valori dei coefficienti  $\psi_{2j}$  sono stati desunti dalle norme (Cfr. Tabella 2.5.I)

La struttura è stata progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, con manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado sono state stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.

La protezione contro l'eccessivo degrado è stata ottenuta con un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'utilizzo, ove necessario, dell'applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

## 15. AZIONI SULLE COSTRUZIONI

### AZIONE SISMICA

Come indicato nelle NTC 2008 l'azione sismica è stata caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, considerate tra di loro indipendenti, ed in funzione del tipo di analisi adottata, mediante accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie; l'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono state caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono stati determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

In allegato alle NTC, per tutti i siti considerati, sono stati forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

### AZIONI DOVUTE AL VENTO

Le azioni del vento sono state determinate in conformità al §3.3 del DM 14.01.08 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617. Si precisa che tali azioni hanno valenza significativa in caso di strutture di elevata snellezza e con determinate caratteristiche tipologiche come ad esempio le strutture in acciaio.

### AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA

E' stato tenuto conto delle variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali, con un delta di temperatura di 15° C.

Nel calcolo delle azioni termiche, si è tenuto conto di più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura, la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti, le temperature dell'aria esterne (Cfr. § 3.5.2), dell'aria interna (Cfr. § 3.5.3) e la distribuzione della temperatura negli elementi strutturali (Cfr § 3.5.4) in conformità ai dettami delle NTC 2008.

### NEVE

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

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

dove:  $q_s$  è il carico neve sulla copertura;

$\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr.§ 3.4.5);

$q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m<sup>2</sup>], fornito al (Cfr.§ 3.4.2) delle NTC per un periodo di ritorno di 50 anni;

$C_E$  è il coefficiente di esposizione di cui al (Cfr.§ 3.4.3);

$C_t$  è il coefficiente termico di cui al (Cfr.§ 3.4.4).

## AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI

Nel caso delle spinte del terrapieno sulle pareti di cantinato (ove questo fosse presente), in sede di valutazione di tali carichi, (a condizione che non ci sia grossa variabilità dei parametri geotecnici dei vari strati così come individuati nella relazione geologica), è stata adottata una sola tipologia di terreno ai soli fini della definizione dei lati di spinta e/o di eventuali sovraccarichi.

## 16. SOFTWARE UTILIZZATI –TIPO DI ELABORATORE

Le analisi e le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU ed SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 14.01.2008 come in dettaglio specificato negli allegati tabulati di calcolo.

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata in campo elastico lineare, per l'analisi sismica è stata effettuata una analisi dinamica lineare e non lineare.

### SOFTWARE UTILIZZATI :

CDS - CDWin versione 2016 prodotti dalla :

S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.

Via Tre Torri n°11 – Compl. Tre Torri

95030 Sant'Agata li Battiati (CT).

### ELABORATORE UTILIZZATO :

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| MODELLO    | PC desktop                        |
| PROCESSORE | Intel Pentium 4 (3,4 GHz)         |
| RAM        | 1 GB                              |
| S.O.       | Microsoft Windows XP Professional |
| VERSIONE   | Versione 2002 Service Pack 2      |



## **17. CODICE DI CALCOLO, SOLUTORE E AFFIDABILITA' DEI RISULTATI**

Come previsto al punto **10.2 delle norme tecniche di cui al D.M. 14.01.2008** l'affidabilità del codice utilizzato è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La S.T.S. s.r.l. a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti fornisce direttamente on-line i test sui casi prova (<http://www.stsweb.it/STSWeb/ITA/homepage.htm>)

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.

## **18. VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITÀ**

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari abbiano dato valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Le sollecitazioni ottenute sulle travi per i carichi verticali direttamente agenti sono stati confrontati con semplici schemi a trave continua.

Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

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

## **19. PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO**

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 14.01.2008.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle le azioni pari a quelle di esercizio.

## RELAZIONE SUI MATERIALI

(redatta ai sensi dell'art.4 della Legge 1086/71 e del cap. 10 delle norme tecniche sulle costruzioni approvate con D.M. del 14 gennaio 2008)

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RICHIAMI DI NORMATIVA:

Riferimento al D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" in cemento armato normale e precompresso e per le strutture in muratura", e successiva Circolare 671 (Attuazione delle Norme Tecniche di Costruzione del 14/01/2008).

### CALCESTRUZZO FONDAZIONE

Classe C25/30 ( $R_{ck}=300\text{Kgf/cm}^2$ ) a prestazione garantita in accordo alla norma UNI EN 206-1

Diametro massimo degli inerti < 20 mm.

Classe di esposizione XC2

Classe di consistenza S4

### CALCESTRUZZO ELEVAZIONE

Classe C25/30 ( $R_{ck}=300\text{Kgf/cm}^2$ ) a prestazione garantita in accordo alla norma UNI EN 206-1

Diametro massimo degli inerti < 20 mm.

Classe di esposizione XC1

Classe di consistenza S4

### RESISTENZA DI CALCOLO A COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO

Per il calcestruzzo la resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd}$  è:

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

con:

$\alpha_{cc}=0.85$  coefficiente riduttivo per le resistenze a lunga durata

$\gamma_c=1.5$  coefficiente parziale di sicurezza

$f_{ck}$  = resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni

### RESISTENZA DI CALCOLO A TRAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Per il calcestruzzo la resistenza di calcolo a trazione  $f_{ctd}$  è:

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

$\gamma_c=1.5$  coefficiente parziale di sicurezza

$f_{ctk}$  = resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo

### **ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C**

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori:

Tensione di snervamento  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$  ( $f_{yk} > 4400 \text{ Kg/cm}^2$ )

Tensione di rottura  $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$  ( $f_{tk} > 5500 \text{ Kg/cm}^2$ )

Allungamento %  $> 7.5$

### **RESISTENZA DI CALCOLO DELL'ACCIAIO**

La resistenza di calcolo dell'acciaio  $f_{yd}$  è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è data da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

$\gamma_s = 1.15$  coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio

$f_{yk}$  = è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio

### **TENSIONE TANGENZIALE DI ADERENZA ACCIAIO-CALCESTRUZZO**

La resistenza tangenziale di aderenza di calcolo  $f_{bd}$  vale:

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$$

$\gamma_s = 1.5$  coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo

$f_{bk}$  = è la resistenza caratteristica di aderenza  $f_{bd} = 2.25 * \eta * f_{ck}$

Nel caso di armature molto addensate o ancoraggi in zona di calcestruzzo teso, la resistenza di aderenza va ridotta dividendola almeno per 1.5

### **PRESCRIZIONI PER L' ACCETTAZIONE DEI MATERIALI**

I materiali ed i prodotti debbono rispondere ai requisiti indicati nel cap. 11 del D.M. 14 Gennaio 2008.

### **CALCESTRUZZO**

Prelievo campioni:

- a) ogni prelievo costituito almeno da due provini
- b) la media delle resistenze a compressione dei due provini rappresenta la resistenza di prelievo R .
- c) ogni controllo di accettazione rappresentato da tre prelievi ciascuno dei quali eseguiti su un massimo di 100 mc di getto di miscela omogenea, risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 mc di getto;

- d)** per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo (si può derogare dall'obbligo del prelievo giornaliero per costruzioni con meno 100 mc di miscela omogenea, fermo restando il controllo di cui al punto c);
- e)** il processo dei provini va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori che provvede alla relazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle ineliminabili.

Verifiche:

Siano  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  le tre resistenze di prelievo

con  $R_1 \mu R_2 \mu R_3$  e  $R_m = (R_1+R_2+R_3)/3$  .

Il controllo e' positivo ed il quantitativo di conglomerato accettato se risultano verificate entrambe le disuguaglianze:

$R_m > R_{ck} + 3,5 \text{ N/mm}^2$  ( $R_m > R_{ck} + 35 \text{ Kgf/cm}^2$ )

$R_1 > R_{ck} - 3,5 \text{ N/mm}^2$  ( $R_1 > R_{ck} - 35 \text{ Kgf/cm}^2$ )

#### **ACCIAIO PER C.A.:**

Tutte le forniture di acciai per le quali non sussiste l'obbligo della Marchiatura CE, devono essere accompagnati dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei lavori Pubblici dopo apposite verifiche e dopo essere stati sottoposti a controlli in stabilimento.

Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo rilascio dell'Attestato di qualificazione, la qualificazione ha validità 5 anni con rinnovo semestrale. La data del certificato deve essere non anteriore di tre mesi a quella di spedizione.

Sono obbligatori controlli in cantiere o nel luogo di lavorazione delle barre, come indicato al punto 11.3.1.5 del D.M. 14/01/2008.

#### **DISARMI:**

I disarmi debbono essere eseguiti, salvo casi particolari (previa autorizzazione della D.L.), dopo almeno 28 giorni di stagionatura.

## ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE

Per la realizzazione di strutture metalliche si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE.

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  da utilizzare nei calcoli si assumono i valori nominali  $f_y = R_{eH}$  e  $f_t = R_m$  riportati nelle relative norme di prodotto.

In sede di progettazione si sono assunti convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

|   |                              |                      |
|---|------------------------------|----------------------|
| modulo elastico   | $E = 210.000$                | $N/mm^2$             |
| modulo di elasticità trasversale  | $G = E / [2 (1 + \nu)]$      | $N/mm^2$             |
| coefficiente di <i>Poisson</i>  | $\nu = 0,3$                  |                      |
| coefficiente di espansione termica lineare<br>(per temperature fino a 100 °C) | $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ | per °C <sup>-1</sup> |
| densità   | $\rho = 7850$                | kg/m <sup>3</sup>    |

### Specifiche per acciaio da carpenteria in zona sismica

Per le zone dissipative si applicano le seguenti regole aggiuntive:

- per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura  $f_{tk}$  (nominale) e la tensione di snervamento  $f_{yk}$  (nominale) deve essere maggiore di 1,20 e l'allungamento a rottura  $A_5$ , misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;
- la tensione di snervamento massima  $f_{y,max}$  deve risultare  $f_{y,max} \leq 1,2 f_{yk}$ ;
- i collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza classe 8.8.

### Processi di saldatura

Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2005.

Il costruttore deve essere certificato secondo la norma EN ISO 3834.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

L'entità e il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore Lavori:

- per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche);
- per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni delle norme EN 5817 ed EN 12062.

I procedimenti di saldatura e i materiali di apporto inoltre saranno conformi ai requisiti di cui al §11.3.4 del D.M. 14.01.2008. Per i procedimenti di saldatura a cordone d'angolo devono essere impiegati i fili, flussi o gas di cui alle prove di qualifica del procedimento. Le caratteristiche dei materiali di apporto (tensione di snervamento, tensione di rottura, allungamento a rottura e resilienza) saranno essere equivalenti delle corrispondenti caratteristiche delle parti collegate; in particolare verranno effettuate saldature con acciaio tipo S275 aventi le caratteristiche di seguito riportate.

### Bulloni e chiodi

I bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016: 2002 e UNI5592:1968 devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001, associate nel modo indicato nella seguente tabella.

|      | Normali |     |     | Ad alta resistenza |      |
|------|---------|-----|-----|--------------------|------|
| Vite | 4.6     | 5.6 | 6.8 | 8.8                | 10.9 |
| Dado | 4       | 5   | 6   | 8                  | 10   |

La tensione di snervamento  $f_{yb}$  e di rottura  $f_{tb}$  delle viti appartenuti alle classi indicate nella precedente tabella 11.3.XII.a sono riportate nella seguente tabella:

| Classe                        | 4.6 | 5.6 | 6.8 | 8.8 | 10.9 |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
| $f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 240 | 300 | 480 | 649 | 900  |
| $f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 400 | 500 | 600 | 800 | 1000 |

### **Tipologia di acciaio per carpenterie adottata**

Per tutti gli elementi strutturali delle strutture portanti in acciaio verranno impiegati profilati aventi le seguenti proprietà e caratteristiche di resistenza:

Tipo S275 J0 conforme alla UNI EN 10025

- Resistenza caratteristica di snervamento  $f_{yk} \geq 275$  MPa
- Resistenza caratteristica a rottura  $f_{tk} \geq 430$  MPa
- Modulo elastico  $E = 210000$  MPa
- Resilienza minima 27 J a 0 °C

### **Tipologia di acciaio per viti e bulloneria adottata**

- classe 8.8: carico di rottura 800 Mpa
- carico di snervamento 649 Mpa