

LAVORI DI AMPLIAMENTO DELL'
I.T.I.S. "G. B. PENTASUGLIA" DI
MATERA CON STRUTTURE
PREFABBRICATE

PROVINCIA DI MATERA
AREA TECNICA
SETTORE EDILIZIA SCOLASTICA

PROGETTISTA
ARCHITETTO
COSCIA DANIELA CARMEN

VIA APPIA NUOVA, 381 - 00181 ROMA
SEDE OPERATIVA
VIA MADONNA DELLE VIRTU', 69 - 75100 MATERA
C.F. CSCDLC77H57D547H
P. IVA 01077720777

REALIZZAZIONE DI STRUTTURA DI SUPPORTO
PER ELEMENTI MONOBLOCCO AD USO SCOLASTICO

PROGETTO STRUTTURALE

ELABORATO:

RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO

DATA:

APRILE 18

SCALA:

--

TAVOLA:

1/9

REVISIONE:

00

PREMESSA

La presente relazione riguarda il calcolo analitico ed il dimensionamento strutturale relativi alla realizzazione di una struttura di sostegno in c.a. per appoggio aule monoblocco prefabbricate, nell'ambito dei lavori di ampliamento dell'I.I.S. Pentassuglia di Matera. Le opere civili saranno costituite da cls C25/30 armat con barre e rete els B450C e da acciaio per carpenteria metallica del tipo S235JR. Il calcolo statico alla base del dimensionamento dei diversi elementi strutturali viene svolto con il metodo semiprobabilistico agli stati limite. **Per le opere di interesse pubblico ed i relativi progetti affidati prima del 22/03/2018 (data di entrata in vigore delle NTC 2018) possono essere utilizzate le norme di cui al D.M. 14/01/2008 se la loro consegna è prevista entro il 22/03/2023. Nella fattispecie sono state utilizzate le normative preesistenti (NTC 2008).**

CRITERI POSTI A BASE DEL PROGETTO STRUTTURALE

La modellazione strutturale da porre alla base del calcolo statico da eseguire deve tenere conto della effettiva morfologia dell'opera da progettare. Nel caso specifico la sovrastruttura viene impostata sulle pareti trasversali emergenti dalla platea e semplicemente appoggiata su di esse. Pertanto non si rileva la presenza di un vero e proprio "piano sismico" inteso come orizzontamento infinitamente rigido nel proprio piano. Alla luce di tale morfologia si conduce una analisi sismica "a masse concentrate", applicando le forze orizzontali nei baricentri delle asse dei singoli elementi strutturali. Al fine di inquadrare dal punto di vista sismico la struttura da realizzare devono essere, in primo luogo, individuati due parametri fondamentali : vita nominale e classe d'uso.

La **vita nominale** (punto 2.4.1 NTC 2008) è intesa come numero di anni in cui la struttura deve poter essere usata per lo scopo cui è destinata. La **classe d'uso** (punto 2.4.2 NTC 2008) suddivide le costruzioni in riferimento alle relative conseguenze di una interruzione della operatività. Il manufatto da realizzare si configura come suscettibile di affollamento significativo. Pertanto, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, si è considerata l'opera di classe d'uso III con coefficiente d'uso $C_u=1,5$. Per quanto concerne la vita nominale si adotta un valore di $V_N = 50$ anni con conseguente periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \times C_u = 75$ anni.

Si è inoltre effettuata una analisi dei carichi verticali, la cui esplicitazione è riportata nella tavola 9. È stato determinato il carico totale derivante dalla sovrastruttura e successivamente ripartito tra gli estradossi delle pareti trasversali. A vantaggio di sicurezza si è considerato un ulteriore carico pari a 100 kg/mq applicato direttamente all'estradosso della platea per tenere conto di eventuali operazioni di manutenzione. Si ha :

- Peso containers : $3 \times 3 \times 2.000 \text{ kg} = 18.000 \text{ kg}$
- Peso arredi : $21,99 \times 8,17 \times 20 \text{ kg/mq} = 3.593 \text{ kg}$
- Sovraccarico (tab. 3.1.II NTC 2008 Cat. C1) : $21,99 \times 8,17 \times 300 \text{ kg/mq} = 53.897 \text{ kg}$

Carico totale : $W = 75.490 \text{ kg}$

Carico unitario : $q = 420 \text{ kg/mq}$

Carico su pareti esterne : $\frac{1}{2} \times 2,24 \times 420 \text{ kg/mq} = 470 \text{ kg/m}$

Carico su pareti interne : $\frac{1}{2} \times (2,24+2,24) \times 420 \text{ kg/mq} = 940 \text{ kg/m}$

DESCRIZIONE DELLE NUOVE STRUTTURE

La realizzazione del manufatto oggetto di calcolo, progettato e dimensionato ai sensi del D.M. 14/01/2008 e della Circ. Min. 617/2009, prevede la esecuzione dei seguenti elementi :

1. Platea di fondazione avente dimensioni in pianta pari a m. 22,59 x 8,57 con altezza cm 30, armata con doppia rete els inferiore e superiore $\varnothing 16/15''$ integrata da ferri $\varnothing 10$ e $\varnothing 8$ trasversali;
2. Pareti in c.a. costituenti appoggio diretto per gli elementi monoblocco, aventi spessore cm. 25 ed altezza cm 124, armate con ferri verticali $\varnothing 10$ e ferri orizzontali di parete $\varnothing 8$;
3. Passerelle di collegamento tra le nuove aule e gli edifici esistenti, costituite da profili UPN 120 in acciaio S235JR irrigiditi da soletta in cls armata con rete els $\varnothing 16/15''$.

DETTAGLI COSTRUTTIVI (Punto 7.4.6 D.M. 14/01/2008)

Pareti. Lo spessore delle pareti non deve essere inferiore a cm 15. Le pareti non presentano aperture e, alla luce della modestia delle dimensioni, non vengono individuate zone confinate.

IPOTESI DI CALCOLO

Il calcolo delle strutture viene svolto in ragione delle seguenti ipotesi sulla scorta delle quali viene modellata la struttura :

- si considera la struttura di classe d'uso II, ai sensi del punto 2.4.2 NTC 2008, in quanto suscettibile di normale affollamento;
- Il calcolo della struttura viene sviluppato schematizzando la platea come elemento rigido su suolo elastico alla Winkler mentre le pareti sono assimilate a piastre incastrate al contorno soggette alla spinta orizzontale del terreno.

Le norme NTC 2008, precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita nominale. Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali. Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura. La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto con il Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 14.01.2008 e s.m.i.

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. 14.01.2008 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.

COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

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

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 Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 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 ≤ 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 γ_{Gi} e γ_{Qj} utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle NTC 2008 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I

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
- 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

PARAMETRI SISMICI ADOTTATI NEL CALCOLO

- Vita nominale : $V_n = 50$ anni
- Classe d'uso : III (affollamento significativo)

- Coefficiente d'uso : $C_u = 1,5$
- Periodo di riferimento : $V_r = 75$ anni
- Categoria di sottosuolo : B
- Categoria topografica : T1
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica : $S_r = 1$

TOLLERANZE

Nei calcoli 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 ≤ 150 mm ± 5 mm
- Per dimensioni ≈ 400 mm ± 15 mm
- Per dimensioni ≥ 2500 mm ± 30 mm

Per i valori intermedi si procede con interpolazione lineare.

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.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- 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;

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 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni

UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno

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.

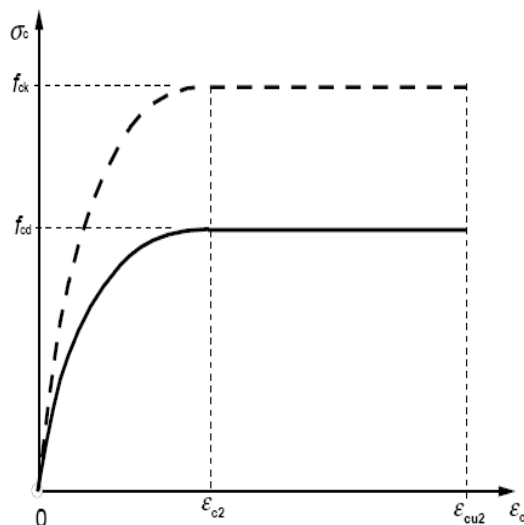
La sicurezza è stata quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore delle corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

CRITERI ADOTTATI PER LA SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

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

Per le verifiche sezionali sono stati utilizzati i seguenti legami:

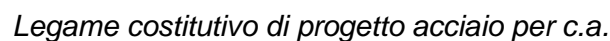
LEGAME PARABOLA RETTANGOLO PER IL CALCESTRUZZO



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 PREFETTAMENTE PLASTICO O INCRUDENTE O DUTTILITA' LIMITATA PER L'ACCIAIO



parziali di cui alla Tab. 2.6.I NTC 2008, sono contemplati nelle reazioni al piede dei montanti che sono state utilizzate per il presente calcolo della fondazione.

MODELLAZIONE ED ANALISI

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.

SOFTWARE UTILIZZATO : CDS con licenza chiave n° 22403 prodotto 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).

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. Si allegano alla presente i test sui casi prova forniti dalla S.T.S. s.r.l. a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti.

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.

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

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.

CALCOLO PASSERELLE

I parametri assunti in sede di calcolo sono sintetizzabili attraverso i seguenti punti, suddivisi per tipologia di azione agente :

Carichi verticali

- Coefficiente amplificativo dei carichi permanenti : $\gamma_G = 1,3$
- Coefficiente amplificativo dei carichi variabili : $\gamma_Q = 1,5$
- Coefficiente di combinazione : $\psi = 1$

Carichi permanenti

- Peso soletta : 150 kg/mq
- Peso tavelloni : 90 kg/mq
- Incidenza profili : 50 kg/mq
- Totale Q = 290 kg/mq

Carichi variabili

- Sovraccarico accidentale (cat. C1 tab. 3.1.II NTC 2008) : 300 kg/mq
- Totale G = 300 kg/mq
- $Q_{tot} = 1,3 \times 290 + 1,5 \times 300 = 827 \text{ kg/mq}$

Profili UPN 120

- Peso = 13,30 kg/m

- $A = 17,00 \text{ cm}^2$
- $J = 364 \text{ cm}^4$
- $W = 60,70 \text{ cm}^3$
- $i = 1,59$
- Acciaio tipo S235JR
- $f_y = 2350 \text{ kg/cm}^2$
- $\gamma_M = 1,05$
- $T_u \text{ (taglio ultimo)} = f_y \times A / \gamma_M = 38.048 \text{ kg}$
- $M_u \text{ (momento flettente ultimo)} = f_y \times W / \gamma_M = 135.852 \text{ kgcm}$

Verifiche

Lo schema è di trave semplicemente appoggiata soggetta al carico distribuito derivante dalla corrispondente fascia di competenza.

Si ha :

$$l = 1,30 \text{ m}$$

$$q = 827 \times 0,60/2 = 248 \text{ kg/m (per singolo profilo)}$$

$$M_{\max} = ql^2/8 = 52 \text{ kgm} = 5.200 \text{ kgcm}$$

$$M_u = 135.852 \text{ kgcm}$$

Essendo $M_{\max} < M_u$ la verifica è soddisfatta

$$T_{\max} = ql/2 = 161 \text{ kg}$$

$$T_u = 38.048 \text{ kgcm}$$

Essendo $T_{\max} < T_u$ la verifica è soddisfatta

CONCLUSIONI

La sottoscritta Arch. Daniela Carmen Coscia, in qualità di progettista delle strutture per la realizzazione di opere in c.a. costituenti la **fondazione per appoggio monoblocchi prefabbricati** da installare nell'ambito dell'ampliamento dell'I.I.S. Pentassuglia di Matera

DICHIARA

- Che i calcoli statici e di verifica svolti nel presente elaborato hanno fornito risultati compatibili con le prescrizioni della vigente normativa, con particolare riferimento al D.M. 14/01/2008 ed alla circolare 02/02/2009 n°617;
- Che la zonizzazione sismica e le relative sollecitazioni sono state assunte in ragione delle effettive coordinate geografiche, ai sensi dell'allegato A alle norme tecniche (pericolosità sismica di base);
- Che le verifiche statiche sono state condotte con il metodo semiprobabilistico agli stati limite ed hanno fornito risultati coerenti con il rispetto delle sollecitazioni ultime dei singoli elementi resistenti.

Il Progettista delle Strutture
Arch. Daniela Carmen Coscia