

*PROVINCIA DI PESARO-URBINO*

---

**COMUNE DI CARPEGNA**



**PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO DEI SOLAI  
DELLA SCUOLA PRIMARIA DI CARPEGNA**

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

**RELAZIONE SUI MATERIALI E DI CALCOLO**

---

**Ing. Omar Lavanna**

## **RELAZIONE SUI MATERIALI E DI CALCOLO**

UBICAZIONE: Comune di Carpegna, Via Salvadori n. 30  
ZONA SISMICA: Seconda Categoria  
NORMATIVA ADOTTATA: N.T.C. D.M.17-01-2018  
TIPO DI INTERVENTO: Intervento locale o di riparazione  
NORMATIVA DI RIFERIMENTO:

### **D.M. LL. PP. 11-03-88**

Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

### **Circolare Ministeriale del 24-07-88, n. 30483/STC.**

### **Legge 02-02-74 n. 64, art. 1 - D.M. 11-03-88**

Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

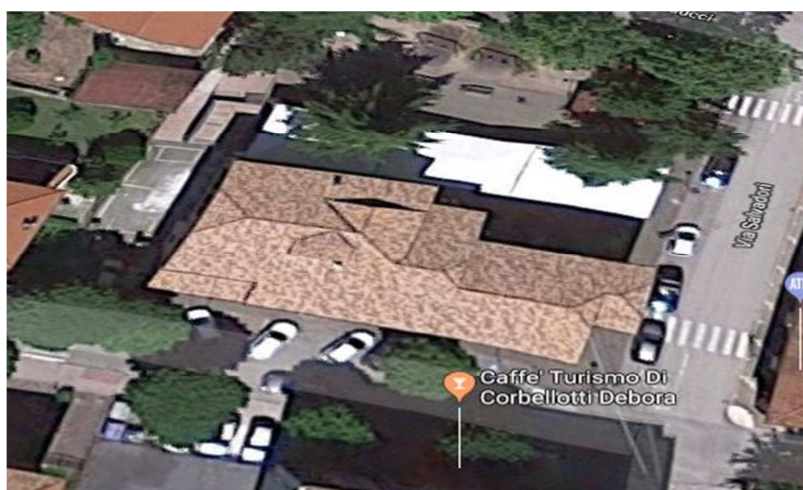
### **Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18**

Sicurezza e prestazioni attese (cap.2), Azioni sulle costruzioni (cap.3), Costruzioni in calcestruzzo (par.4.1), Costruzioni in legno (par.4.4), Costruzioni in muratura (par.4.5), Progettazione geotecnica (cap.6), Progettazione per azioni sismiche (cap.7), Costruzioni esistenti (cap.8), Riferimenti tecnici (cap.12), EC3.

**Eurocodice 3 UNI ENV 1993-1-1:1994, Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-1:2014 Luglio 2014, Eurocodice 3 UNI ENV 1993-1-3:2000, Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-3:2007 Gennaio 2007, Eurocodice 3 EN 1993-1-8:2005**

### GEOREFERENZIAZIONE:

Latitudine 43,780548  
Longitudine 12,335317  
Altitudine m s.l.m. 749



## Dati di definizione

Metodo di analisi	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)	
Tipo di costruzione	2 - Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	
Vn	50	
Classe d'uso	III	
Vr	75	
Tipo di analisi	Lineare statica	
Località	Pesaro E Urbino, Carpegna; Latitudine ED50 43,783° (43° 46' 59"); Longitudine ED50 12,3376° (12° 20' 15"); Altitudine s.l.m. 753,13 m.	
Categoria del suolo	B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti	
Categoria topografica	T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	
Ss orizzontale SLO	1.2	
Tb orizzontale SLO	0.132	[s]
Tc orizzontale SLO	0.395	[s]
Td orizzontale SLO	1.884	[s]
Ss orizzontale SLD	1.2	
Tb orizzontale SLD	0.136	[s]
Tc orizzontale SLD	0.409	[s]
Td orizzontale SLD	1.953	[s]
Ss orizzontale SLV	1.2	
Tb orizzontale SLV	0.15	[s]
Tc orizzontale SLV	0.449	[s]
Td orizzontale SLV	2.42	[s]
Ss verticale	1	
Tb verticale	0.05	[s]
Tc verticale	0.15	[s]
Td verticale	1	[s]
St	1	
PVr SLO (%)	81	
Tr SLO	45.16	
Ag/g SLO	0.0709	
Fo SLO	2.454	
Tc* SLO	0.278	
PVr SLD (%)	63	
Tr SLD	75.43	
Ag/g SLD	0.0882	
Fo SLD	2.444	
Tc* SLD	0.291	
PVr SLV (%)	10	
Tr SLV	711.84	
Ag/g SLV	0.205	
Fo SLV	2.474	
Tc* SLV	0.326	
Smorzamento viscoso (%)	5	
Classe di duttilità	CD"B"	
Rotazione del sisma	0	[deg]
Quota dello '0' sismico	0	[cm]
Regolarità in pianta	No	
Regolarità in elevazione	Si	
Edificio acciaio	Si	
Tipologia acciaio	a) Strutture intelaiate $q_0=4.0$	
Edificio muratura	Si	
Tipologia muratura	Costruzioni di muratura ordinaria	
$\alpha_u/\alpha_1$ muratura	$\alpha_u/\alpha_1=(1.0+1.7)/2$	
Edificio esistente	Si	
T1,x	0.13006	[s]
T1,y	0.14668	[s]
$\lambda$ SLO,x	1	
$\lambda$ SLO,y	1	
$\lambda$ SLD,x	1	
$\lambda$ SLD,y	1	
$\lambda$ SLV,x	1	
$\lambda$ SLV,y	1	
Limite spostamenti interpiano		0.0013
Fattore di comportamento per sisma SLD X		1.5
Fattore di comportamento per sisma SLD Y		1.5
Fattore di comportamento per sisma SLV X		1.5
Fattore di comportamento per sisma SLV Y		1.5
Coefficiente di sicurezza per carico limite (fondazioni superficiali)		2.3
Coefficiente di sicurezza per scorrimento (fondazioni superficiali)		1.1

## **INQUADRAMENTO AI SENSI DEL DM 17-01-2018:**

La scuola elementare di Carpegna è caratterizzata da un unico corpo di fabbrica posto al centro del paese in un'area densamente edificata e urbanizzata, la struttura è delimitata a sud e a ovest da due strade rispettivamente via Salvadori e via Raffaello, e a nord e ad est da un cortile ampiamente cementato.

La scuola è costituita da un edificio in muratura di pietrame intonacata, ascrivibile alla "muratura in pietra disordinata", vi sono inoltre varie porzioni di muratura in mattoni pieni ed in blocchi laterizi semipieni distribuite così come indicato negli elaborati grafici.

Nei punti in cui le dimensioni in pianta dei maschi murari si equivalgono (cioè la lunghezza è pari allo spessore) si trovano colonne realizzate in mattoni pieni e malta cementizia. La fondazione del fabbricato è su piani sfalsati in quanto la parte verso est presenta un piano seminterrato che non si estende in pianta oltre il vano scala. Anche il solaio di sottotetto presenta un salto in quota di circa 20 cm in una zona limitata, le murature del sottotetto risultano di differente fattura rispetto a quelle dei piani sottostanti essendo costituite in mattoni semipieni e malta di cemento; gli orizzontamenti sono tutti in laterocemento.

Le dimensioni massime in pianta dell'edificio sono inscrivibili in un rettangolo di lati 31,30x15,8 m, l'altezza in gronda dal piano stradale varia tra i 9,50 ed i 10,50m; nulle le influenze delle costruzioni esistenti, per via della distanza tra l'edificio e quelli più prossimi.

Nel corso dei precedenti lavori di ristrutturazione, all'intradosso del secondo solaio in corrispondenza delle tre aule più grandi dove gli alunni soggiornano per la maggior parte del tempo è stato effettuato un intervento di antisfondellamento del laterizio ed è stato effettuato il rinforzo di un travetto di solaio ogni tre con l'impiego di fibra di carbonio; sempre sullo stesso solaio nei locali adibiti a servizi igienici dovendosi intervenire sul pavimento per mantenere gli impianti è stata realizzata una soletta di rinforzo in cls armato con rete elettrosaldata di cui il solaio era sprovvisto.

Sono stati inoltre saggiati gli intonaci ripristinando le porzioni che risultavano instabili ed è stato effettuato un nuovo controsoffitto ultraleggero all'intradosso sia dei solai di piano primo che di sottotetto, la cui struttura sarà in grado di ridurre l'inerzia di eventuali imprevisti distacchi oltre che di migliorare i locali dal punto di vista termoacustico.

Il progetto proposto che deve intendersi quale completamento dell'opera di rinforzo già iniziata prevede all'intradosso del piano primo e del piano secondo, considerati i carichi previsti su detti solai e comunque la scarsa qualità dei materiali utilizzati e le consistenti luci d'inflessione dei travetti, un rinforzo aggiuntivo eseguito con centinatura costituita da profili in acciaio tipo S275 HEB160 in grado di ridurre (dimezzare) la luce libera dei travetti, nelle stanze in cui i solai hanno luce maggiore.

Alla luce del rinforzo già eseguito con la fibra di carbonio la struttura in acciaio viene verificata per i due terzi dei carichi permanenti e accidentali, sia al piano primo che al piano secondo, sebbene il solaio del piano secondo non sia attualmente utilizzato.

L'ipotesi di progetto è da ritenersi cautelativa anche alla luce del fatto che la prova di carico eseguita post-intervento con la fibra di carbonio aveva già dato esito favorevole e che i carichi considerati agenti sulla struttura di rinforzo sono attualmente portati dalla struttura in laterocemento che non presenta segni di dissesto al di là delle risultanze sulla qualità dei materiali.

Al termine dell'intervento precedente e di quello proposto pertanto, avendo considerato complessivamente tutti i carichi previsti dalla norma, si può ritenere che gli orizzontamenti siano da ritenersi adeguati in tutte le porzioni oggetto d'intervento o comunque sensibilmente migliorati.

Saranno sostituiti i controsoffitti che dovranno essere rimossi per consentire l'intervento all'intradosso così come gli infissi che risultano interferenti con le travi di rinforzo, saranno inoltre ritinteggiate le murature su cui si interviene ed apposte misure di protezione dei pavimenti e degli altri elementi sensibili.

Considerando che il progetto è circoscritto a singoli elementi strutturali si può considerare l'intervento proposto un intervento locale ovvero un'opera di riparazione, per il posizionamento

locale dei profilati in acciaio che saranno in grado di favorire una risposta più organica della struttura oltre che una migliore ripartizione dei carichi.

Inoltre la natura d'intervento locale può trovare riscontro anche nel fatto che non vengono ampliate né sovrelevate le strutture già realizzate, che lo sviluppo lineare di muratura portante risulterà invariato sia per ciò che attiene la distribuzione in pianta delle aperture che per lo sviluppo di muratura resistente nelle due direzioni principali, e nel fatto che non si avranno alterazioni sostanziali dello schema statico tali da produrre effetti particolarmente sensibili sulla risposta alle sollecitazioni statiche e dinamiche indotte dal sisma.

## **RELAZIONE SULLE QUALITÀ, CARATTERISTICHE E DOSATURE DEI MATERIALI**

Tutti i materiali e i prodotti per uso strutturale devono essere qualificati dal produttore secondo le modalità indicate nel capitolo 11 delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" approvate con D.M. 17 gennaio 2018.

Elenco dei materiali e loro modalità di posa

### ACCIAIO IN BARRE

L'acciaio in opera per le zanche di ancoraggio sarà di tipo B450C ad aderenza migliorata qualificato secondo le procedure di cui al paragrafo 11.3.1.2 e controllato con le modalità riportate al paragrafo 11.3.2.11, accompagnato dal D.M. 17 Gennaio 2018 e dalla Circolare 617/2009.

### INERTI

Gli aggregati comuni - come sabbia, ghiaia e pietrisco – devono rispettare i requisiti geometrici, fisici e chimici individuati nella EN 12620:2003

### ACQUA

L'acqua dovrà essere limpida, priva di sali in percentuali dannose, né aggressiva. L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003.

### ADDITIVI

Per gli additivi di tipo fluidificante, aerante, accelerante o ritardante di presa o indurimento, essi debbono soddisfare i requisiti espressi nella EN 934-2:2002 e conformi a UNI 7101

### CEMENTO

Dovranno impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità - rilasciato da un organismo europeo notificato - ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA), purché idonei all'impiego previsto nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 26/05/1965 n.595.

### NORME DI ESECUZIONE:

Per tutte le procedure necessarie alla preparazione ed alla messa in opera del calcestruzzo si prendono in considerazione le "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive" del Febbraio 2008, nonché le ulteriori indicazioni del D.M. 17 Gennaio 2018 e la Circolare 617/2009.

### VALORI DI CALCOLO

Si riportano a seguire i valori da calcolo per il calcestruzzo e l'acciaio in barre

Tab. 1 - modulo elastico e resistenza a trazione del calcestruzzo

classe	C20/25	C25/30	C28/35	C32/40
$f_{ck}$	20 MPa	25 MPa	28 MPa	32 MPa
$E_{cm}$	30000 MPa	31500 MPa	32300 MPa	33300 MPa
$f_{ctm}$	2.21 MPa	2.57 MPa	2.77 MPa	3.02 MPa
$f_{ctk}$	1.55 MPa	1.80 MPa	1.94 MPa	2.12 MPa
$f_{cfk}$	1.86 MPa	2.16 MPa	2.32 MPa	2.54 MPa

Tab. 3 - valori di calcolo delle tensioni per cemento armato ordinario

classe	C20/25	C25/30	C28/35	C32/40
$f_{ck}$	20 MPa	25 MPa	28 MPa	32 MPa
$f_{cd}$	11.33 MPa	14.17 MPa	15.87 MPa	18.13 MPa
$f_{ctd}$	1.03 MPa	1.20 MPa	1.29 MPa	1.41 MPa
$f_{cfd}$	1.24 MPa	1.44 MPa	1.55 MPa	1.69 MPa

$$f_{ck}=254.93 \text{ daN/cm}^2$$

$$f_{cd}=\text{acc} \cdot f_{ck}/\gamma_c = 144.49$$

$$f_{ctk}=18.35 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{daN/cm}^2 \quad f_{ctd}=12.24 \text{ daN/cm}^2$$

### ACCIAIO B450 C

$$f_{ynom} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{tnom} = 540 \text{ N/mm}^2$$

### ACCIAIO DA CARPENTERIA

Acciaio S275 conforme alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (laminati) e UNI EN 10210 (tubi senza saldatura) recante marcatura CE con trattamento superficiale per impedire l'ossidazione.

### BULLONI E BARRE FILETTATE

Bulloni e barre ad alta resistenza Classe 8.8 – Dado ad alta resistenza classe 8, conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2002.

### ANALISI DEI CARICHI

I solai esistenti pur essendo costituiti di materiali di scarsa qualità e con luci di inflessione abbastanza importanti in rapporto allo spessore, allo stato attuale risultano comunque integri e funzionali.

Essendo inoltre stato già stato rinforzato il solaio di piano primo con fibre di carbonio in ragione di un travetto ogni tre nel precedente intervento di ristrutturazione, si considera che 1/3 dei carichi siano portati dal solaio esistente rinforzato.

SOLAIO IN LATERO CEMENTO :		
➤	<i>Peso proprio</i>	<i>240 daN/m<sup>2</sup></i>
➤	<i>Sottofondo / alleggerito</i>	<i>40 daN/m<sup>2</sup></i>
➤	<i>Pavimento</i>	<i>50 daN/m<sup>2</sup></i>
➤	<i>Tramezzature (benchè non presenti)</i>	<i>120 daN/m<sup>2</sup></i>
➤	<i>Intonaco inferiore</i>	<i>20 daN/m<sup>2</sup></i>
	<b>TOTALE</b>	<b>470 daN/m<sup>2</sup></b>

Andando a considerare i 2/3 dei carichi per le motivazioni sopra descritte si ottiene:

CARICHI PERMANENTI ( <i>oltre al peso proprio</i> ):		
➤	<i>Carico permanente</i>	<i>314 daN/m<sup>2</sup></i>

SOVRACCARICHI ACCIDENTALI		
➤	<i>Solaio per scuola</i>	<i>200 daN/m<sup>2</sup></i>

Ing. Omar Lavanna



## CALCOLI E VERIFICHE

Si allegano calcoli di verifica dei travetti di solaio e le verifiche delle travi in acciaio S275 profili HEB 160.

### **CARICHI SOLAIO**

Carichi permanenti strutturali	$g_1 = 1,6 \text{ kN/m}^2$
Carichi permanenti non strutturali	$g_2 = 1,54 \text{ kN/m}^2$
Sovraccarichi accidentali	$q = 3 \text{ kN/m}^2$

### **CARATTERISTICHE TRAVI – ACCIAIO S275 – PROFILO HEB 160**

$$A = 54,3 \text{ cm}^2$$

$$A_v = 17,59 \text{ cm}^2$$

Peso proprio 42,6 kg/m

$$W_x = 311 \text{ cm}^3$$

$$f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$$

Classe sezione (§4.2.3.1)      Classe 1

$$Y_{M0} = 1,05$$

$M_{c,Rd} = 81,45 \text{ kNm}$       Resistenza di progetto a flessione retta

$V_{c,Rd} = 267 \text{ kN}$       Resistenza di progetto a taglio

### **VERIFICA PROFILO PORTANTE - TRAVE A**

Carico: Peso proprio della trave

Carico solaio distribuito

Lunghezza di influenza = 2,71 m

$$L = 2,17 \text{ m}$$

$$Y_{G1} = 1,3$$

$$Y_{G2} = 1,5$$

$$Y_Q = 1,5$$

$$G_1 = 1,6 \times 2,71 + 0,426 = 4,77 \text{ kN/m}$$

$$G_2 = 1,54 \times 2,71 = 4,18 \text{ kN/m}$$

$$Q = 3 \times 2,71 = 8,13 \text{ kN/m}$$

$$F_d = 1,3 \times 4,77 + 1,5 \times 4,18 + 1,5 \times 8,13 = 24,67 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = \frac{24,67 \times 2,17^2}{8} = 14,6 \text{ kNm}$$

Verifica a Flessione monoassiale (retta)

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{14,6}{81,45} \leq 1$$

### **VERIFICATO**

## VERIFICA PROFILO PORTATO - TRAVE B

Carico: Peso proprio delle trave (carico distribuito)

Carico concentrato in mezzera trasmesso dalle travi perpendicolari, pari a due volte (trave a destra più trave a sinistra) il taglio in corrispondenza della giunzione

$L = 5,42$  m

$$V_{sx} = V_{dx} = F_d \times \frac{L}{2} = 24,67 \times \frac{2,17}{2} = 26,8 \text{ kN}$$

Carico concentrato  $P = 2 \times 26,8 = 53,6 \text{ kN}$

Peso proprio

$$V_{Ed} = \frac{0,426 \times 5,42}{2} + \frac{53,6}{2} = 28 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \frac{28 \times 5,42}{2} - \frac{0,426 \times \left(\frac{5,42}{2}\right)^2}{2} = 74,32 \text{ kNm}$$

Verifica a flessione e a taglio

Condizione per taglio trascurabile  $V_{Ed} \leq 0,5 V_{c,Rd} \rightarrow 28 \leq 0,5 \times 267$  **VERIFICATO**

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{74,32}{81,45} \leq 1$$

**VERIFICATO**

Si riportano in allegato le verifiche delle piastre e delle travi effettuate anche al calcolatore.

Ing. Omar Lavanna