Comune di Medesano
Provincia di Parma

Committente

Comune di Medesano
Piazza Marconi, 6
43014 Medesano (PR)

Oggetto

Adeguamento sismico e riqualificazione del capannone posto in Via delle Milane a Medesano e denominato "Nuova sede della Protezione Civile di Medesano".
SECONDO STRALCIO FUNZIONALE di completamento

CUP: H21B21001170005

ELABORATO **S.3**	*SERIE ELABORATI* PROGETTO ESECUTIVO	*DATI GENERALI* *file* S.03 - RELAZIONE SUI MATERIALI.odt *luogo e data* Parma, 23 settembre 2024 *collaboratori* Ing. Letizia Villa *timbro e firma* **IL PROGETTISTA E DIRETTORE DEI LAVORI** Ing. Alessandro Zaccarini
SCALA --	*TITOLO ELABORATO* Relazione sui materiali	

REVISIONI		
1	__ / __ / ____	
2	__ / __ / ____	
3	__ / __ / ____	
4	__ / __ / ____	

Ing. Alessandro Zaccarini
ingegnere civile
Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • Sede Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • Cell 340 7007607 • email info@alessandrozaccarini.com • PEC alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • C.F. ZCC LSN 72T11 G337D • P.IVA 02633040346

Ing. Alessandro Zaccarini

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Indice generale

Relazione sui materiali 2
Norme di riferimento 2
Livelli di conoscenza della struttura oggetto di indagine 3
Premessa 3
Rilievo della geometria e dei dettagli costruttivi 3
Caratterizzazione dei materiali 3
Murature di tamponamento 3
Elementi strutturali in conglomerato cementizio armato 3
Definizione del livello di conoscenza 5
Definizione del proprietà dei materiali 6
Struttura esistente in c.a. prefabbricato 6
Plinti di fondazione e travi porta-muro 6
Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le verifiche di sicurezza 6
Muri di tamponamento 7
Pilastri 8
Pilastri esterni della costruzione iniziale 8
Pilastri interni della costruzione iniziale 8
Pilastri esterni della zona di ampliamento 8
Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le verifiche di sicurezza 8
Travi 9
Travi della costruzione iniziale 9
Travi della zona di ampliamento 9
Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le verifiche di sicurezza 10
Tegoli di copertura 10
Tegoli di copertura della costruzione iniziale 10
Tegoli di copertura della zona di ampliamento 11
Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le verifiche di sicurezza 11
Acciai per le nuove opere di collegamento e di rinforzo della struttura esistente 12
Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le analisi e verifiche di sicurezza 12
Rinforzi in materiale fibrocomposito 13
Nuova unità strutturale interna 13
Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le analisi e verifiche di sicurezza delle opere in c.a. 13
Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le analisi e verifiche di sicurezza delle opere in acciaio 14

Ing. Alessandro Zaccarini

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Relazione sui materiali

Norme di riferimento

Per le analisi e verifiche strutturali e di valutazione della sicurezza dell'edificio in oggetto e della nuova unità strutturale interna si è fatto costante riferimento ai seguenti documenti normativi, oltre ad eventuali altri documenti di comprovata validità a cui si farà riferimento negli appositi capitoli:

- D.M. Infrastrutture 17 Gennaio 2018, "Nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sul S.O. n. 8 della Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 *(di seguito denominato NTC 2018)*;
- Circolare C.S.LL.PP. 21 gennaio 2019, n. 7, "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" *(di seguito denominata CIRCOLARE 7/2019);*
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, "Linee Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti", approvate dal D.P. n. 293 del 29/05/2019;
- ETA-05/0069, "Guideline for European technical approval of "Metal anchors for use in concrete", ETAG 001 Part 2: "Torque controlled expansion anchors", April 2013, used as European Assessment Document (EAD) according to Article 66 Paragraph 3 of Regulation (EU) No 305/2011";
- Ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018, "Disciplina per la delocalizzazione temporanea delle attività economiche o produttive e dei servizi pubblici danneggiati dal sisma eseguiti e conclusi in data anteriore a quella di entrata in vigore del decreto legge n. 189 del 2016. Modifiche alle ordinanze n. 24 del 12 maggio 2017, n. 39 dell'8 settembre 2017 e n. 51 del 29 marzo 2018. Proroga del termine di cui all'articolo 8, comma 4, del decreto-legge 17 ottobre 2016, n. 189, convertito con modificazioni dalla legge 15 dicembre 2016, n. 229, e s.m.i. Termine per il deposito delle schede AeDES", e relativo Allegato 1, "Regolarizzazione di uno spettro ottenuto con gli studi di MS3" *(di seguito denominata Ordinanza P.C.M. n. 55/2018)*.

Le modalità di posa in opera dei materiali da utilizzarsi per le opere di nuova realizzazione dovranno essere conformi a quanto previsto dalle suddette normative cogenti e dalle norme in esse richiamate.

Ing. Alessandro Zaccarini

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Livelli di conoscenza della struttura oggetto di indagine

Premessa

Di seguito si riportano gli esiti dei rilievi e delle indagini volte alla conoscenza della struttura in c.a. prefabbricato esistente, con murature di tamponamento in mattoni di laterizio, oggetto di intervento di adeguamento sismico di cui al presente progetto. Come già detto, la struttura è composta da una costruzione iniziale alla quale, successivamente, è stata annessa una zona in ampliamento, e nel loro insieme le due parti compongono una unica unità strutturale.

Rilievo della geometria e dei dettagli costruttivi

La pianificazione, e successiva esecuzione, della campagna di indagini è stata svolta secondo le seguenti considerazioni:

- per la costruzione iniziale si dispone del progetto originale, del certificato di collaudo e dei rapporti di prova sul calcestruzzo utilizzato;
- per la zona di ampliamento non si dispone del progetto originale ma si rileva che, a livello dimensionale e costruttivo, gli elementi strutturali risultano in tutto e per tutto assimilabili a quelli della costruzione iniziale, ad eccezione dei tegoli che, pur simili, non possiedono stessa sagoma di sezione;
- le travi principali ed i tegoli di copertura, oltre ad essere posizionati a quota elevata possiedono sezioni si scarso spessore per le quali non è certo che i prelievi di campioni mediante carotaggio possano consentire di eseguire prove di rottura a compressione significative;
- per le travi principali ed i tegoli di copertura non si è ritenuto sicuro effettuare il prelievo di ferri di armatura, per non compromettere le capacità statiche degli elementi strutturali che sono in opera e sollecitati;
- per gli elementi strutturali, della costruzione iniziale e della zona di ampliamento, si sono svolte misurazioni di riscontro o completo rilievo, che hanno interessato:
  - plinti di fondazione;
  - travi di fondazione porta muro;
  - muri di tamponamento;
  - pilastri;
  - travi principali;
  - tegoli di copertura;
  - le travi di gronda non sono state indagate in quanto elementi secondari che, per l'intervento in esame, non assumono carattere significativo e le azioni eventualmente ad esse competenti vengono assorbite dai nuovi elementi di collegamento (collegamento dei tegoli di copertura e cinture/catene esterne perimetrali);
- i rilievi e le indagini diagnostiche hanno previsto anche saggi con messa a nudo dei ferri di armatura.

In esito alle indagini diagnostiche ed ai rilievi svolti, dato il carattere di ripetibilità degli elementi strutturali indagati e la disponibilità del progetto esecutivo originale della costruzione iniziale, si ritiene che il livello di rilievo dei dettagli costruttivi corrisponda a quello delle "indagini esaustive".

Caratterizzazione dei materiali

Murature di tamponamento

Per quanto riguarda le murature di tamponamento, non si sono eseguite indagini e prove strumentali ma unicamente indagini visive, deppur diffuse e sistematiche.

Pertanto il livello di indagine corrisponde a quello delle "prove limitate".

Elementi strutturali in conglomerato cementizio armato

Per le strutture in c.a. la CIRCOLARE 7/2019 nella Tabella C8.5.V definisce, orientativamente, i livelli di rilievo e prova.

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Tabella C8.5.V – *Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di c.a.*

Livello di Indagini e Prove	Rilievo(dei dettagli costruttivi)[a]	Prove (sui materiali)[b][c][d]
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
limitato	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
esteso	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
esaustivo	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Per gli elementi strutturali, anche in funzione delle loro caratteristiche costruttive e di posizionamento in quota già specificate in premessa, si è operato differenziando la tipologia delle indagini.

- **COSTRUZIONE INIZIALE**
  - **plinti di fondazione**
    - non sono state effettuate indagini diagnostiche sui materiali, in quanto di difficile esecuzione e di scarsa significatività, pertanto per i plinti di fondazione il livello di indagine è da considerarsi **"limitato"**;
  - **travi portamuro**
    - non sono state effettuate indagini diagnostiche sui materiali, in quanto di difficile esecuzione e di scarsa significatività, pertanto per le travi portamuro il livello di indagine è da considerarsi **"limitato"**;
  - **pilastri**
    - sul calcestruzzo è stato eseguito n. 1 carotaggio con prova di compressione e n. 4 indagini Sonreb;
    - sull'acciaio è stato svolto n. 1 prelievo con prova di trazione e n. 4 prove durometriche;
    - sono state eseguite n. 4 indagini pacometriche per il rilievo dei dettagli costruttivi;
    - per quanto sopra e considerato il carattere di ripetibilità degli elementi, si ritiene che il livello di indagini sui pilastri sia da considerarsi **"esaustivo"**;
  - **travi**
    - sul calcestruzzo sono state eseguite n. 2 indagini Sonreb;
    - sull'acciaio non sono state eseguite indagini durometriche considerata la disponibilità del progetto originale e del certificato di collaudo statico, ed anche considerando che le indagini pacometriche hanno sostanzialmente confermato la rispondenza delle armature esistenti a quelle di progetto originale;
    - per quanto sopra, considerato il carattere di ripetibilità degli elementi e la disponibilità dei progetti originali, si ritiene che il livello di indagini sulle travi sia da considerarsi compatibile con il livello **"esteso"**;
  - **tegoli di copertura**
    - sono state eseguite n. 2 indagini pacometriche;
    - sull'acciaio e sul calcestruzzo non sono state eseguite indagini Sonreb ed indagini durometriche considerata la disponibilità del progetto originale e del certificato di collaudo statico, ed anche considerando che le indagini pacometriche hanno confermato la rispondenza delle armature esistenti a quelle di progetto originale;
    - per quanto sopra e considerato il carattere di ripetibilità degli elementi, avendo svolto unicamente indagini pacometriche, si ritiene che il livello di indagini sui tegoli di copertura sia da considerarsi compatibile con il livello **"limitato"**;

- **ZONA DI AMPLIAMENTO**
  - **plinti di fondazione**
    - non sono state effettuate indagini diagnostiche sui materiali, in quanto di difficile esecuzione e di scarsa significatività, pertanto per i plinti di fondazione il livello di indagine è da considerarsi **"limitato"**;
  - **travi portamuro**
    - non sono state effettuate indagini diagnostiche sui materiali, in quanto di difficile esecuzione e di scarsa significatività, pertanto per le travi portamuro il livello di indagine è da considerarsi **"limitato"**;

Ing. Alessandro Zaccarini

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

- **pilastri**
  - sul calcestruzzo è stato eseguito n. 1 carotaggio con prova di compressione e n. 4 indagini Sonreb;
  - sull'acciaio è stato svolto n. 1 prelievo con prova di trazione e n. 4 prove durometriche;
  - sono state eseguite n. 4 indagini pacometriche per il rilievo dei dettagli costruttivi;
  - per quanto sopra e considerato il carattere di ripetibilità degli elementi, si ritiene che il livello di indagini sui pilastri sia da considerarsi **"esaustivo"**;
- **travi**
  - sul calcestruzzo sono state eseguite n. 3 indagini Sonreb;
  - sull'acciaio sono state eseguite n. 3 indagini durometriche;
  - sono state eseguite n. 2 indagini pacometriche;
  - per quanto sopra e considerato il carattere di ripetibilità degli elementi, si ritiene che il livello di indagini sulle travi sia da considerarsi compatibile con il livello **"esaustivo"**;
- **tegoli di copertura**
  - sono state eseguite n. 2 indagini pacometriche;
  - sull'acciaio sono state eseguite n. 3 indagini durometriche;
  - sul calcestruzzo non sono state eseguite indagini Sonreb;
  - per quanto sopra e considerato il carattere di ripetibilità degli elementi, si ritiene che il livello di indagini sui tegoli di copertura sia da considerarsi compatibile con il livello **"esaustivo"**;

Definizione del livello di conoscenza

Sulla base di quanto esposto nei paragrafi precedenti e con riferimento alla CIRCOLARE 7/2019 si ritiene che, allo stato attuale dei rilievi, delle indagini svolte e dei documenti esaminati, il livello di conoscenza della struttura corrisponda a:

- **COSTRUZIONE INIZIALE**
  - **plinti di fondazione - LC1**
  - **travi portamuro – LC1**
  - **muri di tamponamento - LC1**
  - **pilastri – LC3 (livello effettivamente adottato nelle verifiche di sicurezza = LC2)**
  - **travi - LC2**
  - **tegoli di copertura – LC1**

- **ZONA DI AMPLIAMENTO**
  - **plinti di fondazione - LC1**
  - **travi portamuro – LC1**
  - **muri di tamponamento - LC1**
  - **pilastri - LC3 (livello effettivamente adottato nelle verifiche di sicurezza = LC2)**
  - **travi - LC3 (livello effettivamente adottato nelle verifiche di sicurezza = LC2)**
  - **tegoli di copertura – LC2**

Le proprietà dei materiali che costituiscono gli elementi strutturali esistenti (muratura, calcestruzzo, acciaio per c.a.) verranno adeguatamente corrette sulla base del relativo livello di conoscenza mediante l'applicazione dei fattori di confidenza indicati nella CIRCOLARE 7-2019.

Ing. Alessandro Zaccarini

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Definizione del proprietà dei materiali

Struttura esistente in c.a. prefabbricato

In esito all'esame della documentazione di progetto originale agli atti dell'ex-Genio Civile, dei rilievi e delle indagini diagnostiche svolte, di seguito si riassumono le proprietà dei materiali strutturali relativi alla struttura esistente.

Plinti di fondazione e travi porta-muro

Sia per la costruzione iniziale che per la zona di ampliamento, si ritiene raggiunto il livello di conoscenza non superiore a LC1 e si assume che, in base alle caratteristiche delle costruzioni d'epoca sia per la costruzione inziale che per la zona di ampliamento, il calcestruzzo utilizzato sia di classe C25/30 e l'acciaio per c.a. di tipo FeB44K.

Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le verifiche di sicurezza

Acciaio per c.a. FeB44K in LC1:

Acciaio da armatura		U.M.	Tipo di acciaio FeB38K
Fattore di confidenza	FC		1,35
Coefficiente di sicurezza	γ_s		1,15
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_s		1,55
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	MPa	460
Tensione caratteristica di snervamento	f_{sk}	MPa	375
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$	MPa	241,546
Modulo elastico	E_s	GPa	206
Deformazione al limite elastico	$e_{yd} = f_{sd} / E_s$	‰	1,173

Calcestruzzo di classe C25/30 in LC1:

Calcestruzzo ordinario		U.M.	Tipo di cls C25/30
	α_{cc}		0,85
Fattore di confidenza	FC		1,35
Coefficiente di sicurezza	γ_c		1,5
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_c		2,03
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	MPa	30,120
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck} = 0,83\ R_{ck}$	MPa	25
Resistenza cilindrica media	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	MPa	33,000
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc}\ f_{ck} / \gamma_c$	MPa	10,494
Resistenza di calcolo a compressione (getti piani sp. < 50 mm)	$f_{cd*} = 0,80\ f_{cd}$	MPa	8,395
Resistenza indefinita di progetto a compressione	$f_{c1} = 0,85\ f_{cd}$	MPa	8,920
Resistenza indefinita di progetto per compressione centrata	$f'_{c1} = 0,8\ f_{c1}$	MPa	7,136
Resistenza media a trazione (EC2 - D.M. 17/01/2018)	$f_{ctm} = 0,30\ f_{ck}^{2/3}$	MPa	2,565
Resistenza media a trazione	$f_{ctm} = 0,27\ R_{ck}^{2/3}$	MPa	2,614
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctmf} = 1,2\ f_{ctm}$	MPa	3,137
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk} = f_{ctm'} = 0,7\ f_{ctm}$	MPa	1,795
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctm*} = 1,3\ f_{ctm}$	MPa	3,334
Resistenza a trazione di progetto	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	MPa	0,887
Modulo elastico secante (D.M. 17/01/2018)	$E_{cm} = 22000\ (f_{cm}/10)^{0,3}$	MPa	31.475,806
Modulo elastico secante (EC2)	$E_{cm} = 9500\ (f_{ck} + 8)^{1/3}$	MPa	30.471,576
Modulo elastico istantaneo tangente all'origine (D.M. 9/1/1996)	$E_c = 5700\ R_{ck}^{1/2}$	MPa	31.282,814
Coefficiente di Poisson (calcestruzzo non fessurato)	v		0,2
Coefficiente di Poisson (calcestruzzo fessurato)	v		0,0
Modulo di elasticità tangenziale (E_{cm} da EC2)	$G = E_{cm} / [2(1+v)]$	MPa	12.696,490
Coefficiente di dilatazione termica		1/°C	0,000010

Ing. Alessandro Zaccarini

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Muri di tamponamento

Sia per la costruzione iniziale che per la zona di ampliamento i muri di tamponamento sono realizzati in muratura di mattoni di laterizi semipieni di tipo doppio UNI, con malta cementizia. Non si rilevano condizioni per l'applicazione di coefficienti correttivi di cui alla tabella C8.5.II della CIRCOLARE 7/2019.

Come indicato nell'apposito capitolo, il livello di conoscenza per i muri di tamponamento è LC1.

Le proprietà del materiale costituente i muri di tamponamento sono quindi ricavate dalla tabella C.8.5.I della CIRCOLARE 7/2019 e risultano le seguenti:

Tabella C8.5.I -*Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a:*
f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f (N/mm²)			τ_0 (N/mm²)			f_{v0} (N/mm²)			E (N/mm²)			G (N/mm²)			w (kN/m³)
	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0	1,5	2,0	0,018	0,025	0,032	-	-	-	690	870	1050	230	290	350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	2,0	2,0	0,035	0,043	0,051	-	-	-	1020	1230	1440	340	410	480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6	3,2	3,8	0,056	0,065	0,074	-	-	-	1500	1740	1980	500	580	660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4	1,8	2,2	0,028	0,035	0,042	-	-	-	900	1080	1260	300	360	420	13 ÷ 16 (**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0	2,6	3,2	0,04	0,024	0,01	0,10	0,145	0,19	1200	1410	1620	400	450	500	13 ÷ 16 (**)
Muratura a blocchi lapidei squadrati	5,8	7,0	8,2	0,09	0,105	0,12	0,18	0,230	0,28	2400	2850	3300	800	950	1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6	3,5	4,3	0,05	0,090	0,13	0,13	0,200	0,27	1200	1500	1800	400	500	600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es,: doppio UNI foratura ≤ 40%)	5,0	6,5	8,0	0,08	0,125	0,17	0,20	0,280	0,36	3500	4550	5600	875	1137,5	1400	15

(*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione fpuò essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

Valori caratteristici dei parametri meccanici della muratura relativi al Livello di Conoscenza LC1

Tipologia di muratura	f_d (N/mm²)			$\tau_{0,d}$ (N/mm²)			$f_{v0,d}$ (N/mm²)			E (N/mm²)			G (N/mm²)			w (kN/m³)
	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	0,741	1,111	1,481	0,0133	0,0185	0,0237	-	-	-	690	870	1050	230	290	350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	1,481	1,481	1,481	0,0259	0,0319	0,0378	-	-	-	1020	1230	1440	340	410	480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,926	2,370	2,815	0,0415	0,0481	0,0548	-	-	-	1500	1740	1980	500	580	660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,037	1,333	1,630	0,0207	0,0259	0,0311	-	-	-	900	1080	1260	300	360	420	13 ÷ 16 (**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	1,481	1,926	2,370	0,0296	0,0178	0,0059	0,0741	0,1074	0,1407	1200	1410	1620	400	450	500	13 ÷ 16 (**)
Muratura a blocchi lapidei squadrati	4,296	5,185	6,074	0,0667	0,0778	0,0889	0,1333	0,1704	0,2074	2400	2850	3300	800	950	1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	1,926	2,556	3,185	0,0370	0,0667	0,0963	0,0963	0,1481	0,2000	1200	1500	1800	400	500	600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es,: doppio UNI foratura ≤ 40%)	3,704	4,815	5,926	0,0593	0,0926	0,1259	0,1481	0,2074	0,2667	3500	4550	5600	875	1137,5	1400	15

Valori di progetto dei parametri meccanici della muratura da utilizzare in analisi statica

Tipologia di muratura	f_d (N/mm²)			$\tau_{0,d}$ (N/mm²)			$f_{v0,d}$ (N/mm²)			E (N/mm²)			G (N/mm²)			w (kN/m³)
	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	0,247	0,370	0,494	0,0044	0,0062	0,0079	-	-	-	690	870	1050	230	290	350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	0,494	0,494	0,494	0,0086	0,0106	0,0126	-	-	-	1020	1230	1440	340	410	480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	0,642	0,790	0,938	0,0138	0,0160	0,0183	-	-	-	1500	1740	1980	500	580	660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	0,346	0,444	0,543	0,0069	0,0086	0,0104	-	-	-	900	1080	1260	300	360	420	13 ÷ 16 (**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	0,494	0,642	0,790	0,0099	0,0059	0,0020	0,0247	0,0358	0,0469	1200	1410	1620	400	450	500	13 ÷ 16 (**)
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1,432	1,728	2,025	0,0222	0,0259	0,0296	0,0444	0,0568	0,0691	2400	2850	3300	800	950	1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	0,642	0,852	1,062	0,0123	0,0222	0,0321	0,0321	0,0494	0,0667	1200	1500	1800	400	500	600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es,: doppio UNI foratura ≤ 40%)	1,235	1,605	1,975	0,0198	0,0309	0,0420	0,0494	0,0691	0,0889	3500	4550	5600	875	1137,5	1400	15

Valori di progetto dei parametri meccanici della muratura da utilizzare in analisi sismica

Tipologia di muratura	f_d (N/mm²)			$\tau_{0,d}$ (N/mm²)			$f_{v0,d}$ (N/mm²)			E (N/mm²)			G (N/mm²)			w (kN/m³)
	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	0,309	0,463	0,617	0,0056	0,0077	0,0099	-	-	-	690	870	1050	230	290	350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	0,617	0,617	0,617	0,0108	0,0133	0,0157	-	-	-	1020	1230	1440	340	410	480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	0,802	0,988	1,173	0,0173	0,0201	0,0228	-	-	-	1500	1740	1980	500	580	660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	0,432	0,556	0,679	0,0086	0,0108	0,0130	-	-	-	900	1080	1260	300	360	420	13 ÷ 16 (**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	0,617	0,802	0,988	0,0123	0,0074	0,0025	0,0309	0,0448	0,0586	1200	1410	1620	400	450	500	13 ÷ 16 (**)
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1,790	2,160	2,531	0,0278	0,0324	0,0370	0,0556	0,0710	0,0864	2400	2850	3300	800	950	1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	0,802	1,065	1,327	0,0154	0,0278	0,0401	0,0401	0,0617	0,0833	1200	1500	1800	400	500	600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es,: doppio UNI foratura ≤ 40%)	1,543	2,006	2,469	0,0247	0,0386	0,0525	0,0617	0,0864	0,1111	3500	4550	5600	875	1137,5	1400	15

Ing. Alessandro Zaccarini

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Pilastri

Sia per i pilastri della costruzione iniziale che per i pilastri della zona di ampliamento si è raggiunto il livello di conoscenza LC3 ma, ai fini della valutazione di sicurezza dello stato dei luoghi e per la progettazione degli interventi di rinforzo, visti gli esiti delle indagini Sonreb sui pilastri esterni della costruzione iniziale, si preferisce adottare il livello di conoscenza LC2 sia per il calcestruzzzo che per l'acciaio.

Pilastri esterni della costruzione iniziale

	Calcestruzzo	Acciaio per c.a.
Dai documenti originali	R_{ck} 40 MPa	FeB44K
Esiti prove su carotaggio	--	
Esiti prove di trazione		confermato FeB44K
Esiti Sonreb	R_c = 31,8 MPa	
Esiti prove durometriche		compatibile con FeB44K
Classe di calcestruzzo adottata	**C25/30**	
Classe di acciaio adottata		**FeB44K**

Pilastri interni della costruzione iniziale

	Calcestruzzo	Acciaio per c.a.
Dai documenti originali	R_{ck} 40 MPa	FeB44K
Esiti prove su carotaggio	confermato R_{ck} 40 MPa	
Esiti prove di trazione		--
Esiti Sonreb	confermato R_{ck} 40 MPa	
Esiti prove durometriche		--
Classe di calcestruzzo adottata	**C30/37**	
Classe di acciaio adottata		**FeB44K**

Pilastri esterni della zona di ampliamento

	Calcestruzzo	Acciaio per c.a.
Dai documenti originali	--	--
Esiti prove su carotaggio	non inferiore a R_{ck} 40 MPa	
Esiti prove di trazione		compatibile con FeB44K
Esiti Sonreb	compatibile R_{ck} > 40 MPa	
Esiti prove durometriche		compatibile con FeB44K
Classe di calcestruzzo adottata	**C30/37**	
Classe di acciaio adottata		**FeB44K**

Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le verifiche di sicurezza

Acciaio per c.a. FeB44K in LC2:

Acciaio da armatura			**Tipo di acciaio**
		U.M.	**FeB44K**
Fattore di confidenza	FC		1,2
Coefficiente di sicurezza	γ_s		1,15
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_s		1,38
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	MPa	550
Tensione caratteristica di snervamento	f_{sk}	MPa	430
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$	MPa	311,594
Modulo elastico	E_s	GPa	206
Deformazione al limite elastico	$e_{yd} = f_{sd} / E_s$	‰	1,513

Ing. Alessandro Zaccarini

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Calcestruzzo di classe C25/30 e C30/37 in LC2:

Calcestruzzo ordinario		U.M.	Tipo di cls C25/30	Tipo di cls C30/37
	α_{cc}		0,85	0,85
Fattore di confidenza	FC		1,2	1,2
Coefficiente di sicurezza	γ_c		1,5	1,5
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_c		1,8	1,8
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	MPa	30,120	36,145
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck} = 0,83\ R_{ck}$	MPa	25	30
Resistenza cilindrica media	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	MPa	33,000	38,000
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc}\ f_{ck} / \gamma_c$	MPa	11,806	14,167
Resistenza di calcolo a compressione (getti piani sp. < 50 mm)	$f_{cd'} = 0,80\ f_{cd}$	MPa	9,444	11,333
Resistenza indefinita di progetto a compressione	$f_{c1} = 0,85\ f_{cd}$	MPa	10,035	12,042
Resistenza indefinita di progetto per compressione centrata	$f'_{c1} = 0,8\ f_{c1}$	MPa	8,028	9,633
Resistenza media a trazione (EC2 - D.M. 17/01/2018)	$f_{ctm} = 0,30\ f_{ck}^{2/3}$	MPa	2,565	2,896
Resistenza media a trazione	$f_{ctm} = 0,27\ R_{ck}^{2/3}$	MPa	2,614	2,952
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctmf} = 1,2\ f_{ctm}$	MPa	3,137	3,542
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk} = f_{ctm'} = 0,7\ f_{ctm}$	MPa	1,795	2,028
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctm''} = 1,3\ f_{ctm}$	MPa	3,334	3,765
Resistenza a trazione di progetto	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	MPa	0,997	1,126
Modulo elastico secante (D.M. 17/01/2018)	$E_{cm} = 22000\ (f_{cm}/10)^{0,3}$	MPa	31.475,806	32.836,568
Modulo elastico secante (EC2)	$E_{cm} = 9500\ (f_{ck} + 8)^{1/3}$	MPa	30.471,576	31.938,766
Modulo elastico istantaneo tangente all'origine (D.M. 9/1/1996)	$E_c = 5700\ R_{ck}^{1/2}$	MPa	31.282,814	34.268,606
Coefficiente di Poisson (calcestruzzo non fessurato)	v		0,2	0,2
Coefficiente di Poisson (calcestruzzo fessurato)	v		0,0	0,0
Modulo di elasticità tangenziale (E_{cm} da EC2)	$G = E_{cm} / [2(1+v)]$	MPa	12.696,490	13.307,819
Coefficiente di dilatazione termica		1/°C	0,000010	0,000010

Travi

Per le travi della costruzione iniziale si è raggiunto il livello di conoscenza LC2 mentre per quelle della zona di ampliamento si è raggiunto il livello di conoscenza LC3 ma, ai fini della valutazione di sicurezza dello stato dei luoghi e per la progettazione degli interventi di rinforzo, si preferisce adottare comunque il livello di conoscenza LC2, sia per il calcestruzzzo che per l'acciaio, per tutte le travi.

Travi della costruzione iniziale

	Calcestruzzo	Acciaio per c.a.
Dai documenti originali	R_{ck} 40 MPa	FeB44K
Esiti prove su carotaggio	--	
Esiti prove di trazione		--
Esiti Sonreb	confermato R_{ck} 40 MPa	
Esiti prove durometriche		--
Classe di calcestruzzo adottata	**C30/37**	
Classe di acciaio adottata		**FeB44K**

Travi della zona di ampliamento

	Calcestruzzo	Acciaio per c.a.
Dai documenti originali	--	--
Esiti prove su carotaggio	--	
Esiti prove di trazione		--
Esiti Sonreb	compatibile con R_{ck} 40 MPa	
Esiti prove durometriche		compatibile con FeB44K
Classe di calcestruzzo adottata	**C30/37**	
Classe di acciaio adottata		**FeB44K**

Ing. Alessandro Zaccarini

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le verifiche di sicurezza

Acciaio per c.a. FeB44K in LC2:

Acciaio da armatura		U.M.	Tipo di acciaio FeB44K
Fattore di confidenza	FC		1,2
Coefficiente di sicurezza	γ_s		1,15
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_s		1,38
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	MPa	550
Tensione caratteristica di snervamento	f_{sk}	MPa	430
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$	MPa	311,594
Modulo elastico	E_s	GPa	206
Deformazione al limite elastico	$e_{yd} = f_{sd} / E_s$	‰	1,513

Calcestruzzo di classe C30/37 in LC2:

Calcestruzzo ordinario		U.M.	Tipo di cls C30/37
	α_{cc}		0,85
Fattore di confidenza	FC		1,2
Coefficiente di sicurezza	γ_c		1,5
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_c		1,8
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	MPa	36,145
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck} = 0,83\ R_{ck}$	MPa	30
Resistenza cilindrica media	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	MPa	38,000
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc}\ f_{ck} / \gamma_c$	MPa	14,167
Resistenza di calcolo a compressione (getti piani sp. < 50 mm)	$f_{cd'} = 0,80\ f_{cd}$	MPa	11,333
Resistenza indefinita di progetto a compressione	$f_{c1} = 0,85\ f_{cd}$	MPa	12,042
Resistenza indefinita di progetto per compressione centrata	$f'_{c1} = 0,8\ f_{c1}$	MPa	9,633
Resistenza media a trazione (EC2 - D.M. 17/01/2018)	$f_{ctm} = 0,30\ f_{ck}^{2/3}$	MPa	2,896
Resistenza media a trazione	$f_{ctm} = 0,27\ R_{ck}^{2/3}$	MPa	2,952
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctmf} = 1,2\ f_{ctm}$	MPa	3,542
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk} = f_{ctm'} = 0,7\ f_{ctm}$	MPa	2,028
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctm'} = 1,3\ f_{ctm}$	MPa	3,765
Resistenza a trazione di progetto	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	MPa	1,126
Modulo elastico secante (D.M. 17/01/2018)	$E_{cm} = 22000\ (f_{cm}/10)^{0,3}$	MPa	32.836,568
Modulo elastico secante (EC2)	$E_{cm} = 9500\ (f_{ck} + 8)^{1/3}$	MPa	31.938,766
Modulo elastico istantaneo tangente all'origine (D.M. 9/1/1996)	$E_c = 5700\ R_{ck}^{1/2}$	MPa	34.268,606
Coefficiente di Poisson (calcestruzzo non fessurato)	v		0,2
Coefficiente di Poisson (calcestruzzo fessurato)	v		0,0
Modulo di elasticità tangenziale (E_{cm} da EC2)	$G = E_{cm} / [2(1+v)]$	MPa	13.307,819
Coefficiente di dilatazione termica		1/°C	0,000010

Tegoli di copertura

Per i tegoli di copertura della costruzione iniziale, avendo a disposizione i dati del progetto originale ed i documenti di collaudo statico, si è raggiunto il livello di conoscenza LC2 mentre per i tegoli di copertura della zona di ampliamento si è raggiunto il livello di conoscenza LC1.

Tegoli di copertura della costruzione iniziale

	Calcestruzzo	Acciaio per c.a.
Dai documenti originali	R_{ck} 40 MPa	FeB44K
Esiti prove su carotaggio	--	
Esiti prove di trazione		--
Esiti Sonreb	confermato R_{ck} 40 MPa	
Esiti prove durometriche		--
Classe di calcestruzzo adottata	**C30/37**	
Classe di acciaio adottata		**FeB44K**

Ing. Alessandro Zaccarini

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Tegoli di copertura della zona di ampliamento

	Calcestruzzo	Acciaio per c.a.
Dai documenti originali	--	--
Esiti prove su carotaggio	--	
Esiti prove di trazione		--
Esiti Sonreb	compatibile con R_{ck} 40 MPa	
Esiti prove durometriche		compatibile con FeB44K
Classe di calcestruzzo adottata	**C30/37**	
Classe di acciaio adottata		**FeB44K**

Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le verifiche di sicurezza

Acciaio per c.a. FeB44K in LC1 e LC2:

Acciaio da armatura		U.M.	Tipo di acciaio FeB44K	Tipo di acciaio FeB44K
Fattore di confidenza	FC		1,35	1,2
Coefficiente di sicurezza	γ_s		1,15	1,15
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_s		1,55	1,38
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	MPa	550	550
Tensione caratteristica di snervamento	f_{sk}	MPa	430	430
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$	MPa	276,973	311,594
Modulo elastico	E_s	GPa	206	206
Deformazione al limite elastico	$e_{yd} = f_{sd} / E_s$	‰	1,345	1,513

Calcestruzzo di classe C30/37 in LC1 e LC2:

Calcestruzzo ordinario		U.M.	Tipo di cls C30/37	Tipo di cls C30/37
	α_{cc}		0,85	0,85
Fattore di confidenza	FC		1,35	1,2
Coefficiente di sicurezza	γ_c		1,5	1,5
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_c		2,03	1,8
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	MPa	36,145	36,145
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck} = 0,83\ R_{ck}$	MPa	30	30
Resistenza cilindrica media	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	MPa	38,000	38,000
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc}\ f_{ck} / \gamma_c$	MPa	12,593	14,167
Resistenza di calcolo a compressione (getti piani sp. < 50 mm)	$f_{cd^*} = 0,80\ f_{cd}$	MPa	10,074	11,333
Resistenza indefinita di progetto a compressione	$f_{c1} = 0,85\ f_{cd}$	MPa	10,704	12,042
Resistenza indefinita di progetto per compressione centrata	$f'_{c1} = 0,8\ f_{c1}$	MPa	8,563	9,633
Resistenza media a trazione (EC2 - D.M. 17/01/2018)	$f_{ctm} = 0,30\ f_{ck}^{2/3}$	MPa	2,896	2,896
Resistenza media a trazione	$f_{ctm} = 0,27\ R_{ck}^{2/3}$	MPa	2,952	2,952
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctmf} = 1,2\ f_{ctm}$	MPa	3,542	3,542
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk} = f_{ctm'} = 0,7\ f_{ctm}$	MPa	2,028	2,028
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctm^*} = 1,3\ f_{ctm}$	MPa	3,765	3,765
Resistenza a trazione di progetto	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	MPa	1,001	1,126
Modulo elastico secante (D.M. 17/01/2018)	$E_{cm} = 22000\ (f_{cm}/10)^{0,3}$	MPa	32.836,568	32.836,568
Modulo elastico secante (EC2)	$E_{cm} = 9500\ (f_{ck} + 8)^{1/3}$	MPa	31.938,766	31.938,766
Modulo elastico istantaneo tangente all'origine (D.M. 9/1/1996)	$E_c = 5700\ R_{ck}^{1/2}$	MPa	34.268,606	34.268,606
Coefficiente di Poisson (calcestruzzo non fessurato)	v		0,2	0,2
Coefficiente di Poisson (calcestruzzo fessurato)	v		0,0	0,0
Modulo di elasticità tangenziale (E_{cm} da EC2)	$G = E_{cm} / [2(1+v)]$	MPa	13.307,819	13.307,819
Coefficiente di dilatazione termica		1/°C	0,000010	0,000010

Ing. Alessandro Zaccarini

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Acciai per le nuove opere di collegamento e di rinforzo della struttura esistente

Le opere di collegamento e di rinforzo della struttura esistente verranno realizzate in acciaio S275. Le unioni bullonate abranno bulloneria STB di classe 8.8 o superiore, barre filettate di classe 8.8 o superiore. Gli ancoraggi che prevedono inghisaggio nel c.a. esistente dovranno essere realizzati con resina epossidica strutturale per sollecitazioni sismiche in categoria C2.

Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le analisi e verifiche di sicurezza

Acciaio strutturale laminato a caldo (UNI EN 10025-2) da carpenteria strutturale			**Tipo di acciaio**
		U.M.	**Fe430/S275 t ≤ 40 mm**
Fattore di confidenza	FC		1
Coefficiente di sicurezza	γ_a		1,05
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_a		1,05
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	MPa	430
Tensione caratteristica di snervamento	f_{sk}	MPa	275
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_a$	MPa	261,905
Modulo elastico	E_s	GPa	210
Coefficiente di Poisson	v		0,3
Modulo di elasticità tangenziale	$G = E_s / [2(1+v)]$	MPa	80.769,231

Acciaio strutturale laminato a caldo (UNI EN 10025-2) per le connessioni			**Tipo di acciaio**
		U.M.	**Fe430/S275 t ≤ 40 mm**
Fattore di confidenza	FC		1
Coefficiente di sicurezza	γ_v		1,25
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_v		1,25
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	MPa	430
Tensione caratteristica di snervamento	f_{sk}	MPa	275
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_v$	MPa	220,000
Modulo elastico	E_s	GPa	210
Coefficiente di Poisson	v		0,3
Modulo di elasticità tangenziale	$G = E_s / [2(1+v)]$	MPa	80.769,231

Bulloni (NTC2018 – Tabelle 11.3.XIII.a,b)			Normali			Ad alta resistenza	
Classe del dado			4	5	6	8	10
Classe della vite			**4.6**	**5.6**	**6.6**	**8.8**	**10.9**
Tensione di snervamento	f_{yb}	MPa	240	300	480	640	900
Tensione di rottura	f_{tb}	MPa	400	500	600	800	1000
Coefficiente per resistenza a taglio [NTC2018 – (4.2.63-4.2.64)]	c		0,6	0,6	0,5	0,6	0,5

	Diametro bullone	Area	Area resistente	Diametro testa vite	Diametro testa vite	Diametro testa vite	Altezza testa vite	Altezza testa dado
	d	**A**	**A_{res}**	**minimo (chiave)**	**massimo**	**medio (d_m)**		
	mm	mmq	mmq	mm	mm	mm	mm	mm
M4	4	13		7	8,1	7,55	2,8	3,2
M5	5	20		8	9,2	8,6	3,5	4
M6	6	28		10	11,5	10,75	4	5
M7	7	38		11			4,8	5,5
M8	8	50		13	15	14	5,5	6,5
M10	10	79	58	17	19,6	18,3	7	8
M12	12	113	84	19	22,1	20,55	8	10
M14	14	154	115	22			9	11
M16	16	201	157	24	27,7	25,85	10	13
M18	18	254	192	27			12	15
M20	20	314	245	30	24,6	27,3	13	16
M22	22	380	303	32			14	18
M24	24	452	353	36	41,6	38,8	15	19
M27	27	573	459	41			17	22
M30	30	707	581	46	53,1	49,55	19	24
M33	33	855	694	50			21	26
M36	36	1018	817	55	63,5	59,25		
M42	42	1385	1120					
M45	45	1590	1310					
M48	48	1810	1470					

Ing. Alessandro Zaccarini

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Rinforzi in materiale fibrocomposito

Per il rinforzo delle travi principali dovranno essere utilizzati sistemi impregnati in sito, costituiti da fibre unidirezionali, classificati secondo l'Art. 5.1 - Tabella 4 delle "Linee Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti" approvate dal D.P. n. 293 del 29/05/2019, in base al valore del modulo elastico e della tensione di rottura, nella classe C350/2800C.

Tabella 4 – Classi dei rinforzi FRP realizzati in situ

Classe	Natura della fibra	Modulo elastico a trazione nella direzione delle fibre [GPa]	Resistenza a trazione nella direzione delle fibre [MPa]
60G/60B	Vetro/Basalto	60	1300
210C	Carbonio	210	2700
350/1750C	Carbonio	350	1750
350/2800C	Carbonio	350	2800
500C	Carbonio	500	2000
100A	Arammide	100	2200
180S	Acciaio ad alta resistenza	180	2200 (1)
190S	Acciaio ad alta resistenza	190	2200 (1)

Nuova unità strutturale interna

Per la nuova unità strutturale interna le opere di fondazione saranno costituite da travi in conglomerato cementizio armato con calcestruzzo di classe C25/30 ed acciaio per armatura di tipo B450C. Le opere in elevazione saranno realizzate interamente in acciaio S275 sia per quanto riguarda le strutture portanti del telaio che per il solaio in lamiera grecata portante.

Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le analisi e verifiche di sicurezza delle opere in c.a.

Calcestruzzo ordinario		U.M.	Tipo di cls C25/30
	α_{cc}		0,85
Fattore di confidenza	FC		1
Coefficiente di sicurezza	γ_c		1,5
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_c		1,5
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	MPa	30,120
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck} = 0,83\ R_{ck}$	MPa	25
Resistenza cilindrica media	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	MPa	33,000
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc}\ f_{ck} / \gamma_c$	MPa	14,167
Resistenza di calcolo a compressione (getti piani sp. < 50 mm)	$f_{cd'} = 0,80\ f_{cd}$	MPa	11,333
Resistenza indefinita di progetto a compressione	$f_{c1} = 0,85\ f_{cd}$	MPa	12,042
Resistenza indefinita di progetto per compressione centrata	$f'_{c1} = 0,8\ f_{c1}$	MPa	9,633
Resistenza media a trazione (EC2 - D.M. 17/01/2018)	$f_{ctm} = 0,30\ f_{ck}^{2/3}$	MPa	2,565
Resistenza media a trazione	$f_{ctm} = 0,27\ R_{ck}^{2/3}$	MPa	2,614
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctmf} = 1,2\ f_{ctm}$	MPa	3,137
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk} = f_{ctm'} = 0,7\ f_{ctm}$	MPa	1,795
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctm'} = 1,3\ f_{ctm}$	MPa	3,334
Resistenza a trazione di progetto	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	MPa	1,197
Modulo elastico secante (D.M. 17/01/2018)	$E_{cm} = 22000\ (f_{cm}/10)^{0,3}$	MPa	31.475,806
Modulo elastico secante (EC2)	$E_{cm} = 9500\ (f_{ck} + 8)^{1/3}$	MPa	30.471,576
Modulo elastico istantaneo tangente all'origine (D.M. 9/1/1996)	$E_c = 5700\ R_{ck}^{1/2}$	MPa	31.282,814
Coefficiente di Poisson (calcestruzzo non fessurato)	v		0,2
Coefficiente di Poisson (calcestruzzo fessurato)	v		0,0
Modulo di elasticità tangenziale (E_{cm} da EC2)	$G = E_{cm} / [2(1+v)]$	MPa	12.696,490
Coefficiente di dilatazione termica		1/°C	0,000010

Ing. Alessandro Zaccarini

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Acciaio da armatura		U.M.	Tipo di acciaio B450C
Fattore di confidenza	FC		1
Coefficiente di sicurezza	γ_s		1,15
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_s		1,15
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	MPa	540
Tensione caratteristica di snervamento	f_{sk}	MPa	450
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$	MPa	391,304
Modulo elastico	E_s	GPa	206
Deformazione al limite elastico	$e_{yd} = f_{sd} / E_s$	‰	1,900

Le opere di collegamento verranno realizzate in acciaio S275. Le unioni bullonate abranno bulloneria STB di classe 8.8 o superiore, barre filettate di classe 8.8 o superiore. Gli eventuali ancoraggi che prevedono inghisaggio nel c.a. esistente dovranno essere realizzati con resina epossidica strutturale per sollecitazioni sismiche in categoria C2.

Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le analisi e verifiche di sicurezza delle opere in acciaio

Acciaio strutturale laminato a caldo (UNI EN 10025-2) da carpenteria strutturale		U.M.	Tipo di acciaio Fe430/S275 t ≤ 40 mm
Fattore di confidenza	FC		1
Coefficiente di sicurezza	γ_a		1,05
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_a		1,05
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	MPa	430
Tensione caratteristica di snervamento	f_{sk}	MPa	275
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_a$	MPa	261,905
Modulo elastico	E_s	GPa	210
Coefficiente di Poisson	v		0,3
Modulo di elasticità tangenziale	$G = E_s / [2(1+v)]$	MPa	80.769,231

Acciaio strutturale laminato a caldo (UNI EN 10025-2) per le connessioni		U.M.	Tipo di acciaio Fe430/S275 t ≤ 40 mm
Fattore di confidenza	FC		1
Coefficiente di sicurezza	γ_v		1,25
Coefficiente di sicurezza corretto con fattore di confidenza	FC · γ_v		1,25
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	MPa	430
Tensione caratteristica di snervamento	f_{sk}	MPa	275
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_v$	MPa	220,000
Modulo elastico	E_s	GPa	210
Coefficiente di Poisson	v		0,3
Modulo di elasticità tangenziale	$G = E_s / [2(1+v)]$	MPa	80.769,231

	Diametro bullone	Area	Area resistente	Diametro testa vite	Diametro testa vite	Diametro testa vite	Altezza testa vite	Altezza testa dado
	d	A	A_{res}	minimo (chiave)	massimo	medio (d_m)		
	mm	mmq	mmq	mm	mm	mm	mm	mm
M4	4	13		7	8,1	7,55	2,8	3,2
M5	5	20		8	9,2	8,6	3,5	4
M6	6	28		10	11,5	10,75	4	5
M7	7	38		11			4,8	5,5
M8	8	50		13	15	14	5,5	6,5
M10	10	79	58	17	19,6	18,3	7	8
M12	12	113	84	19	22,1	20,55	8	10
M14	14	154	115	22			9	11
M16	16	201	157	24	27,7	25,85	10	13
M18	18	254	192	27			12	15
M20	20	314	245	30	24,6	27,3	13	16
M22	22	380	303	32			14	18
M24	24	452	353	36	41,6	38,8	15	19
M27	27	573	459	41			17	22
M30	30	707	581	46	53,1	49,55	19	24
M33	33	855	694	50			21	26
M36	36	1018	817	55	63,5	59,25		
M42	42	1385	1120					
M45	45	1590	1310					
M48	48	1810	1470					

Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D • *P.IVA* 02633040346

Bulloni (NTC2018 – Tabelle 11.3.XIII.a,b)			Normali			Ad alta resistenza	
Classe del dado			4	5	6	8	10
Classe della vite			**4.6**	**5.6**	**6.6**	**8.8**	**10.9**
Tensione di snervamento	f_{yb}	MPa	240	300	480	640	900
Tensione di rottura	f_{tb}	MPa	400	500	600	800	1000
Coefficiente per resistenza a taglio [NTC2018 – (4.2.63-4.2.64)]	c		0,6	0,6	0,5	0,6	0,5

La lamiera grecata autoportante che avrà la funzione di solaio, dovrà avere capacità portante per carico distribuito su due o tre appoggi non inferiore alle prestazioni richieste per i carichi previsti:

Pacchetto SOLAIO INTERNO nuovo – Soluzione A	3.A	Soluzione in lamiera autoportante			G1	G2	Q	
Pavimento FLOTTANTE			0,25	KN/mq		0,25		
Isolante			0,25	KN/mq		0,25		
Solaio in lamiera autoportante			0,15	KN/mq	0,15			
Impianti a soffitto			0,25	KN/mq		0,25		
Controsoffitto			0,25	KN/mq		0,25		
Cat. E – Depositi e magazzini			3,00	KN/mq			3,00	
		Peso unitario per superficie piana	**4,15**	KN/mq	**0,15**	**1,00**	**3,00**	KN/mq

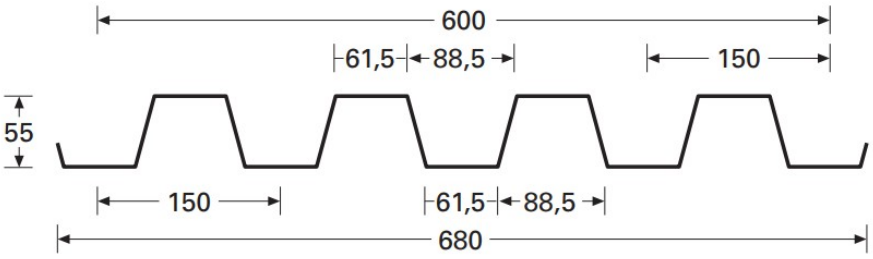
Considerando gli opportuni coefficienti di combinazione agli SLU e agli SLE, la lamiera grecata dovrà essere in grado di garantire la capacità portante per un carico massimo di

$$q = 1,3 \cdot 0,15 + 1,5 \cdot 1,00 + 1,5 \cdot 3,00 = 6,2 \text{ kN/mq}$$

ed agli SLE dovrà garantire dovrà garantire una freccia inferiore a 1/300 della luce per soli i carichi variabili ed 1/250 della luce come freccia massima per la combinazione caratteristica rara.

Lo schema di carico adottato potrà essere quello di trave su tre appoggi.

A livello indicativo, il materiale costitutivo potrà essere acciaio tipo S 280 GD e la sezione potrà a greca passo 150 mm, altezza 55 mm, larghezza delle basi 61,5 mm, spessore 0,8 mm.



La fornitura della lamiera grecata dovrà essere accompagnata da idoneo certificato di capacità portante e deformabilità fornito dal produttore.

Parma, 11 settembre 2024

Il Progettista
Ing. Alessandro Zaccarini