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.1.1**	*SERIE ELABORATI* PROGETTO ESECUTIVO	*DATI GENERALI* *file* S.01 - RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE.odt *luogo e data* Parma, 23 settembre 2024 *collaboratori* Ing. Letizia Villa
SCALA --	*TITOLO ELABORATO* **Relazione di calcolo strutturale e valutazione della sicurezza** Parte illustrativa e di riepilogo	*timbro e firma* **IL PROGETTISTA E DIRETTORE DEI LAVORI** Ing. Alessandro Zaccarini

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

Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale....3
Premessa, descrizione del contesto edilizio e delle caratteristiche del sito....3
Collocazione geografica....4
Inquadramento sismico e categoria di intervento strutturale....4
***Descrizione generale dell'intervento di progetto*....5**
Norme di riferimento....8
Caratteristiche geomorfologiche e sismiche del sito....9
Relazione geologica....9
Controlli sull'ammissibilità dell'utilizzo dello spettro RSL....14
Controllo Ord. 55 24/04/18 e NTC 18 (Par. 7.2.6)....14
Caratterizzazione litostratimetrica utilizzata nelle analisi strutturali e verifiche di sicurezza....19
Rilievo geometrico-strutturale e analisi storico-critica....20
Esame della documentazione disponibile....20
Documentazione disponibile....20
Analisi storico-critica....21
Rilievo geometrico-strutturale....21
Valutazione di stati di dissesto e degrado....22
Esito delle indagini diagnostiche....23
Carotaggi e prove di compressione dei provini di calcestruzzo....23
Esito delle prove a compressione....23
Indagini Sonreb....24
Indagini pacometriche....25
Pacometria P1 - Pilastro esterno zona di ampliamento PARTE BASSA- Sezione 40x40 cm....25
Pacometria P2 - Pilastro esterno zona di ampliamento PARTE BASSA - Sezione 40x40 cm....25
Pacometria P11 - Pilastro esterno zona di ampliamento PARTE ALTA - Sezione 40x40 cm....25
Pacometria P6 - Pilastro esterno zona di ampliamento PARTE BASSA - Sezione 40x40 cm....26
Pacometria P7 - Pilastro centrale costruzione iniziale PARTE BASSA - Sezione 50x40 cm....26
Pacometria P8 - Pilastro centrale costruzione iniziale PARTE BASSA - Sezione 50x40 cm....26
Pacometria P9 - Pilastro esterno costruzione iniziale PARTE BASSA - Sezione 40x40 cm....26
Pacometria P10 - Pilastro esterno costruzione iniziale PARTE BASSA - Sezione 40x40 cm....26
Pacometria P3 - Trave interna zona di ampliamento IN MEZZERIA....26
Pacometria P5 - Trave interna zona di ampliamento NEI PRESSI DELL'APPOGGIO....26
Pacometria P13 - Trave interna costruzione iniziale IN MEZZERIA....27
Pacometria P14 - Trave interna costruzione iniziale IN MEZZERIA....27
Pacometrie P4a e 4b - Tegolo zona di ampliamento....27
Pacometrie P12 e P15 - Tegolo costruzione iniziale....27
Prove durometriche....28
Prelievo ferri d'armatura e prove di trazione....29
Esito delle prove a trazione sulle barre prelevate....29
Caratterizzazione geometrica degli elementi strutturali....30
Plinti di fondazione....30
Travi portamuro....30
Murature di tamponamento....31
Pilastri....31
Travi principali....32
Tegoli di copertura della costruzione iniziale....35
Tegoli di copertura della zona di ampliamento....35
Livelli di conoscenza della struttura oggetto di indagine....36
Premessa....36
Rilievo della geometria e dei dettagli costruttivi....36
Caratterizzazione dei materiali....36
Murature di tamponamento....36
Elementi strutturali in conglomerato cementizio armato....36
Definizione del livello di conoscenza....38
Definizione del proprietà dei materiali....39
Struttura esistente in c.a. prefabbricato....39
Plinti di fondazione e travi porta-muro....39
Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le verifiche di sicurezza....39
Muri di tamponamento....40
Pilastri....41
Pilastri esterni della costruzione iniziale....41
Pilastri interni della costruzione iniziale....41

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 esterni della zona di ampliamento....41
Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le verifiche di sicurezza....41
Travi....42
Travi della costruzione iniziale....42
Travi della zona di ampliamento....42
Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le verifiche di sicurezza....43
Tegoli di copertura....43
Tegoli di copertura della costruzione iniziale....43
Tegoli di copertura della zona di ampliamento....44
Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le verifiche di sicurezza....44
Acciai per le nuove opere di collegamento e di rinforzo della struttura esistente....45
Rinforzi in materiale fibrocomposito....45
Nuova unità strutturale interna....45
Proprietà meccaniche dei materiali adottati per le analisi e verifiche di sicurezza....45
Condizioni d'uso e livelli di sicurezza della costruzione....47
Vita nominale, classe d'uso della costruzione e stati limite indagati....47
Azioni sulla struttura....48
Azione sismica....49
Azioni della neve....51
Azioni del vento....52
Azioni permanenti e di esercizio....55
Illustrazione dei criteri di progetto e di modellazione....56
Metodo di analisi eseguito, criteri di analisi e di verifica, fattore di struttura....56
Nuova struttura interna in acciaio....56
Struttura esistente in conglomerato cementizio armato....56
Indicazione delle principali combinazioni delle azioni in relazione agli stati limite indagati....57
Informazioni sul codice di calcolo....58
Giudizio motivato di accettabilità dei risultati....59
Descrizione degli interventi di progetto....60
NUOVA STRUTTURA INTERNA....60
ADEGUAMENTO STATICO E SISMICO DELLA STRUTTURA ESISTENTE....62
Rinforzo dei pilastri....62
Rinforzo a flessione delle travi principali in c.a. esistenti....63
Formazione delle opere di collegamento tra gli elementi strutturali principali, secondari ed i muri di tamponamento..64
Riepilogo dei risultati delle analisi per lo stato di fatto e di progetto....68
NUOVA STRUTTURA INTERNA....68
EDIFICIO ESISTENTE - Riepilogo della valutazione della sicurezza per lo STATO DI FATTO....71
Vulnerabilità non quantificabili numericamente....71
Vulnerabilità nei confronti dei carichi statici....71
Premessa....71
Verifica SLE dei pilastri....71
Verifica a flessione delle travi principali....72
Vulnerabilità relative agli aspetti geotecnici....73
Riepilogo....73
Vulnerabilità dovute alla attivazione dei cinematismi nei muri di tamponamento....74
Vulnerabilità locali e globali dovute all'azione sismica....75
Assenza di collegamenti....75
Vulnerabilità delle travi principali all'azione sismica....75
Vulnerabilità dei pilastri a pressoflessione con azione sismica....76
Riepilogo e calcolo degli indicatori di rischio sismico per l'analisi sismica....77
EDIFICIO ESISTENTE - Riepilogo della valutazione della sicurezza di PROGETTO....78
Vulnerabilità non quantificabili numericamente....78
Vulnerabilità nei confronti dei carichi statici....78
Premessa....78
Verifica SLE dei pilastri....78
Verifica a flessione delle travi principali....78
Vulnerabilità relative agli aspetti geotecnici....79
Riepilogo....79
Vulnerabilità dovute alla attivazione dei cinematismi nei muri di tamponamento....79
Vulnerabilità locali e globali dovute all'azione sismica....80
Assenza di collegamenti....80
Vulnerabilità delle travi principali all'azione sismica....80
Vulnerabilità dei pilastri a pressoflessione con azione sismica....81
Riepilogo e calcolo degli indicatori di rischio sismico per l'analisi sismica....81

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

Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale

Premessa, descrizione del contesto edilizio e delle caratteristiche del sito

Il presente **progetto esecutivo** riguarda il **SECONDO STRALCIO FUNZIONALE "di completamento"** relativo alla realizzazione della **nuova sede della Protezione Civile di Medesano (PR)**, mediante intervento in edificio esistente e relative pertinenze, nelle disponibilità della Amministrazione comunale a seguito di sentenza di confisca ex art. 21 sexies L. 356/92.


Strada Provinciale N. 64
Via Verdi
Via Roma
Via Trieste
Via Milano
Troilo
Via C. Verdi
Arduini
Medesano
Via Grossardi
Via Pedemontana
Via Cavour
Via Vittorio
Via Garibaldi
Via Cesare Battisti
Via Pedemontana Nord
Via Pedemontana Sud
Via Milano Nord
Via Milano Sud
Via Cesare Battisti Nord
Via Cesare Battisti Sud
Via Garibaldi Nord
Via Garibaldi Sud
Via Roma Nord
Via Roma Sud
Via Trieste Nord
Via Trieste Sud
Via Verdi Nord
Via Verdi Sud
Via Grossardi Nord
Via Grossardi Sud
Via Arduini Nord
Via Arduini Sud
Via Cavour Nord
Via Cavour Sud
Via Vittorio Nord
Via Vittorio Sud
Via Belvedere
Via Belvedere Nord
Via Belvedere Sud
Via Rossa
Via Rossa Nord
Via Rossa Sud
Strada Chiesa
Strada Chiesa Nord
Strada Chiesa Sud
Via Brezzi
Via Brezzi Nord
Via Brezzi Sud
Via Sacca
Via Sacca Nord
Via Sacca Sud
Via Milano Ovest
Via Milano Ovest Nord
Via Milano Ovest Sud
Via Milano Est
Via Milano Est Nord
Via Milano Est Sud
Via Milano Centro
Via Milano Centro Nord
Via Milano Centro Sud
Via Milano Sud Ovest
Via Milano Sud Est
Via Milano Nord Ovest
Via Milano Nord Est
Via Milano Nord Centro
Via Milano Sud Centro
Via Milano Nord Sud
Via Milano Sud Nord
Via Milano Ovest Centro
Via Milano Est Centro
Via Milano Centro Ovest
Via Milano Centro Est
Via Milano Nord Ovest Nord
Via Milano Nord Ovest Sud
Via Milano Nord Est Nord
Via Milano Nord Est Sud
Via Milano Sud Ovest Nord
Via Milano Sud Ovest Sud
Via Milano Sud Est Nord
Via Milano Sud Est Sud
Via Milano Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Nord Est
Via Milano Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Sud Est
Via Milano Nord Centro Ovest
Via Milano Nord Centro Est
Via Milano Sud Centro Ovest
Via Milano Sud Centro Est
Via Milano Nord Sud Ovest
Via Milano Nord Sud Est
Via Milano Sud Nord Ovest
Via Milano Sud Nord Est
Via Milano Ovest Centro Nord
Via Milano Ovest Centro Sud
Via Milano Est Centro Nord
Via Milano Est Centro Sud
Via Milano Centro Ovest Nord
Via Milano Centro Ovest Sud
Via Milano Centro Est Nord
Via Milano Centro Est Sud
Via Milano Nord Ovest Centro
Via Milano Nord Est Centro
Via Milano Sud Ovest Centro
Via Milano Sud Est Centro
Via Milano Nord Centro Sud
Via Milano Sud Centro Nord
Via Milano Nord Sud Centro
Via Milano Sud Nord Centro
Via Milano Centro Nord Sud
Via Milano Centro Sud Nord
Via Milano Centro Nord Centro
Via Milano Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro
Via Milano Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Est
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Nord Centro
Via Milano Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Centro Sud Centro
Via Milano Centro
Via Milano Centro Nord
Via Milano Centro Sud
Via Milano Centro Ovest
Via Milano Centro Est
Via Milano Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Nord Est
Via Milano Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Sud Est
Via Milano Centro Nord Centro
Via Milano Centro Sud Centro
Via Milano Centro
Via Milano Centro Nord
Via Milano Centro Sud
Via Milano Centro Ovest
Via Milano Centro Est
Via Milano Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Nord Est
Via Milano Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Sud Est
Via Milano Centro Nord Centro
Via Milano Centro Sud Centro
Via Milano Centro
Via Milano Centro Nord
Via Milano Centro Sud
Via Milano Centro Ovest
Via Milano Centro Est
Via Milano Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Nord Est
Via Milano Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Sud Est
Via Milano Centro Nord Centro
Via Milano Centro Sud Centro
Via Milano Centro
Via Milano Centro Nord
Via Milano Centro Sud
Via Milano Centro Ovest
Via Milano Centro Est
Via Milano Centro Nord Ovest
Via Milano Centro Nord Est
Via Milano Centro Sud Ovest
Via Milano Centro Sud Est
Via Milano Centro Nord Centro
Via Milano Centro Sud Centro
Via Milano Centro

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

Determinazione n. 529 del 16/11/2023). In conseguenza alla risoluzione contrattuale che ha visto la esecuzione di una piccola parte dei lavori previsti nel precedente appalto, per poter procedere al loro completamento è necessaria la completa rivisitazione del progetto per adeguarlo all'attuale stato dei luoghi, ma risulta importante risolvere preliminarmente l'insorta necessità di intervenire sulle lattonerie di copertura, ormai completamente deformate ed ammalorate, e sul manto di copertura che ha alcuni punti di perdita, cogliendo l'occasione per provvedere alla contestuale completa sostituzione di tutto il manto di copertura in lastre di cemento-amianto presente, con una nuova copertura in lastre di lamiera grecata preverniciata.

Conseguentemente a quanto sopra illustrato, è nata l'esigenza di suddividere l'intervento in due stralci funzionali:

A) il PRIMO STRALCIO FUNZIONALE riguarda, come già anticipato, la sostituzione delle lattonerie di copertura che risultano ormai completamente deformate ed ammalorate, e del manto di copertura che ha alcuni punti di perdita, cogliendo l'occasione per provvedere alla contestuale completa sostituzione di tutto il manto di copertura in lastre di cemento-amianto presente, con una nuova copertura in lastre di lamiera grecata preverniciata;
B) il **SECONDO STRALCIO FUNZIONALE** riguarda il nuovo progetto di adeguamento sismico e riqualificazione del capannone denominato "Nuova Sede della Protezione Civile di Medesano (PR)", a completamento delle opere già in minima parte realizzate, per dare la nuova sede della Protezione Civile completa e funzionale.

Collocazione geografica

Il sito oggetto di intervento è individuato dalle seguenti coordinate geografiche:

	(WGS84)	(ED50)
Latitudine	44,766137°N	44,767140°N
Longitudine	10,137586°E	10,138611°E
Altitudine	146 m s.l.m.	

Inquadramento sismico e categoria di intervento strutturale

Ai sensi della Delibera di G.R. dell'Emilia-Romagna n. 1435 "Prime disposizioni di attuazione dell'ordinanza del PCM n. 3274/2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", il Comune di Medesano è classificato in zona sismica 3.

Ai sensi della Deliberazione della Giunta regionale della Regione Emilia-Romagna n. 1661 del 2 novembre 2009, per le sue funzioni l'edificio, che diverrà sede del presidio locale di Protezione Civile, rientra nelle *"Categorie di edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso"* (Allegato A, categoria A2.1.4).

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

Descrizione generale dell'intervento di progetto

L'intervento strutturale in progetto riguarda:

- la eliminazione delle vulnerabilità statiche e sismiche della unità strutturale esistente (edificio in c.a. prefabbricato monopiano a due campate, della tipologia con travi a doppia pendenza) perseguendo l'ADEGUAMENTO SISMICO (ai sensi del capitolo 8.4.3 punto e delle NTC2018);

- la realizzazione di una nuova unità strutturale indipendente, interna al capannone esistente, con struttura portante in acciaio, che ospiterà gli uffici della nuova sede della Protezione Civile. Allo stato di fatto attuale, di detta nuova unità strutturale sono già realizzate le sole opere di fondazione, pertanto l'intervento in progetto riguarda la realizzazione delle opere strutturali in elevazione.

Considerata la futura funzione dell'edificio si è provveduto ad approfondire le indagini di classificazione sismica del sito mediante definizione della Risposta Sismica Locale con analisi sismica di 3° livello.

L'edificio esistente in conglomerato cementizio armato prefabbricato, monopiano, ha le dimensioni di circa 28,6 x 24 m ed una altezza fuori terra di circa 8,2 m al colmo.

Con riferimento alla tabella 2.4.I delle NTC 2018, la Vita nominale V_N per le strutture oggetto del presente intervento viene posta pari a 100 anni, in quanto costruzioni di tipo 3 - "costruzioni con livelli di prestazioni elevati".
Con riferimento al paragrafo 2.4.2 delle NTC 2018, le strutture vengono considerate classificate nella seguente classe d'uso:
Classe IV: "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità...", quindi con riferimento alla tabella 2.4.II delle NTC 2018, il coefficiente d'uso C_U della a costruzione di cui alla presente relazione è posto pari a 2,0.
Per quanto sopra il periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \cdot C_U = 200$ anni.

La nuova struttura interna intelaiata in acciaio ha dimensioni in pianta di circa 12,6 x 7,4 m ed una altezza fuori terra di circa 3,8 m. Il solaio di copertura è destinato a sostenere carichi di esercizio di Categoria E per un massimo di 3,0 kN/m^2.

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

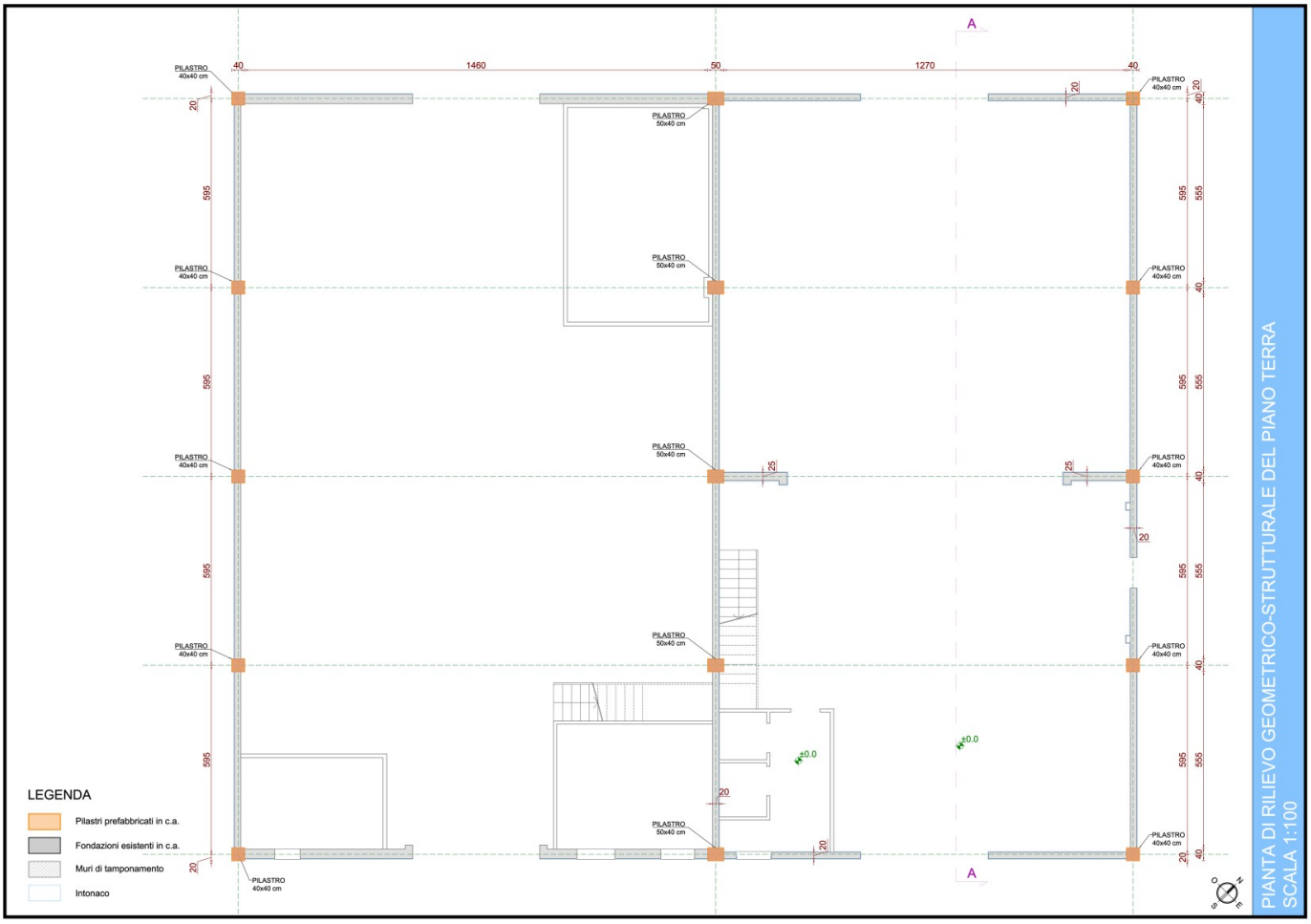


Illustrazione 1: Vista in pianta della struttura esistente in conglomerato cementizio armato.

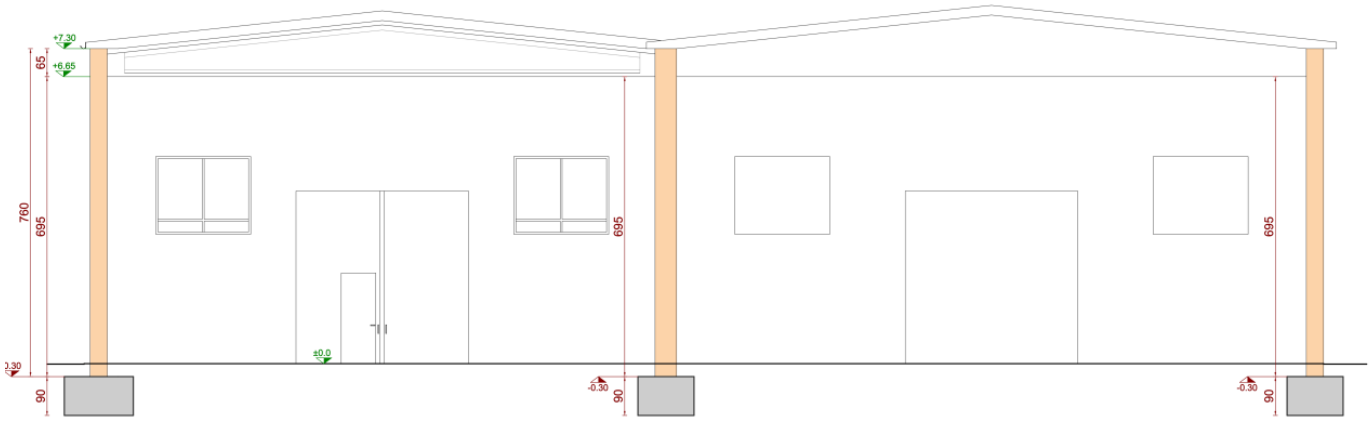


Illustrazione 2: Prospetto del fronte su strada della struttura esistente.

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

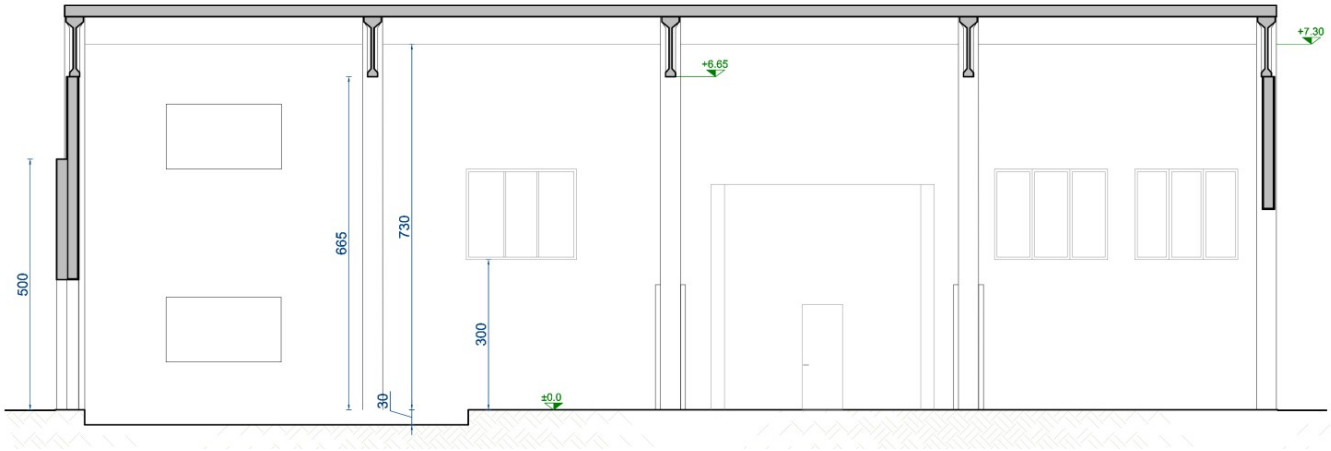


Illustrazione 3: Sezione longitudinale della struttura esistente.

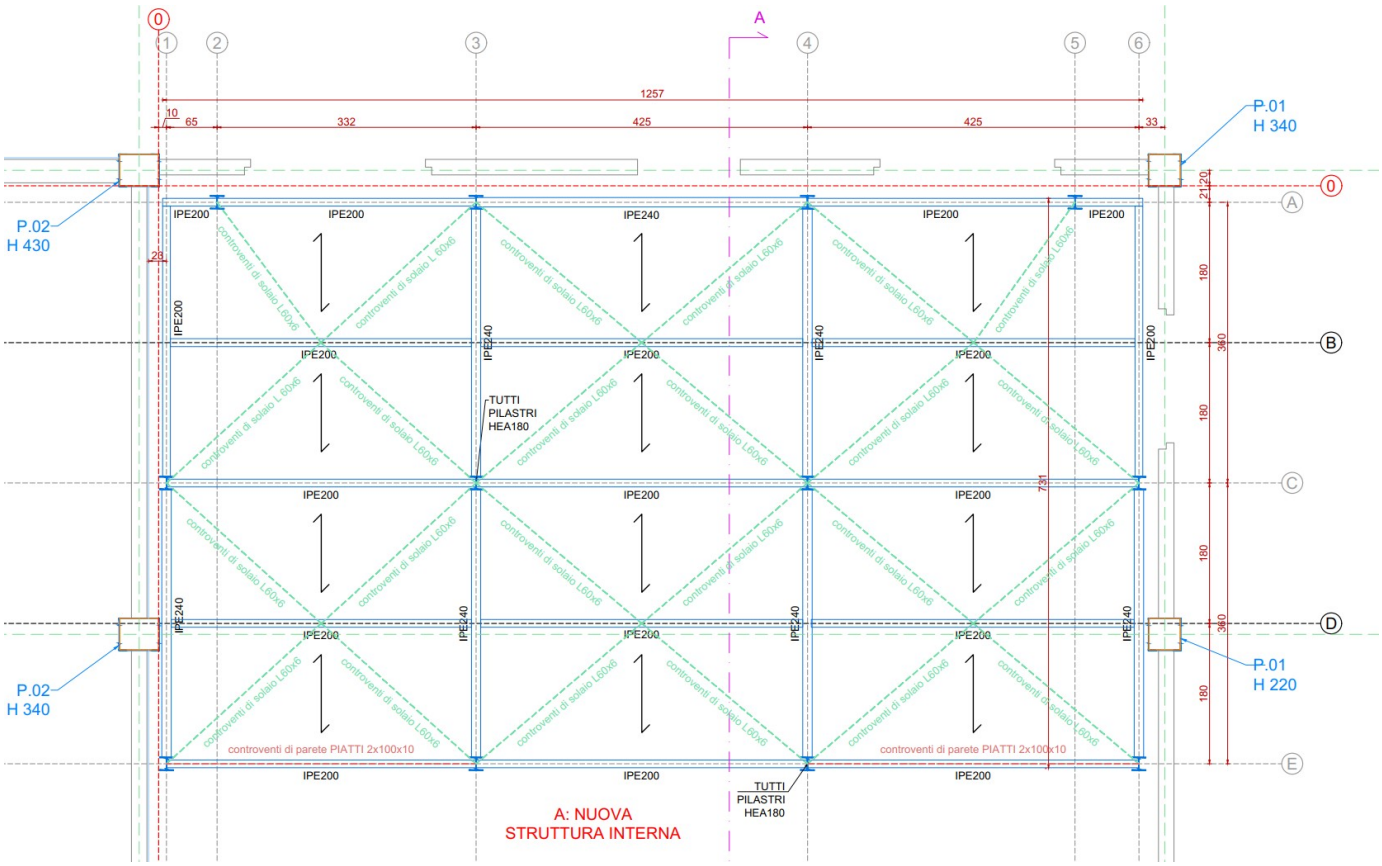


Illustrazione 4: Vista in pianta della nuova struttura interna in acciaio.

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

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)*.

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

Caratteristiche geomorfologiche e sismiche del sito

Relazione geologica

Le informazioni relative alla caratterizzazione geomorfologica e sismica del sito sono tratte dalla **"relazione geologica - geotecnica"** redatta dal Dott. Geol. Alberto Trivioli nel novembre 2021.

Di seguito si riporta un breve riepilogo della stessa.

…

2.2 - MORFOLOGIA

L'edificio (capannone) è ubicato sul primo rilievo collinare che si raccorda con il fondo valle mediante scarpate a media acclività, in sinistra idrografica del Fiume Taro ed in destra idrografica del Torrente Rovacchia, che costituiscono gli assi di drenaggio principale.

L'edificio insiste su di un pianoro sub-pianeggiante (terrazzamento), che si eleva alcune decine di metri rispetto alla piana fluviale del fondo valle e più precisamente ad una quota di 146 m circa s.l.m, ad una decina di di metri dall'orlo di scarpata. I terreni in questione presentano un grado di erodibilità superficiale potenziale assente o quasi assente in quanto trattasi di un'area parzialmente urbanizzata con presenza di edifici a monte e a valle dell'area di studio.

L'edificio insiste su dei depositi eluvio-colluviali e depositi terrazzati, stabili da un punto di vista gravitativo, parzialmente rimodellati antropicamente per rendere la superficie di sedime pianeggiante.

Non si sono rilevati ristagni d'acqua superficiali o altri problemi connessi al naturale smaltimento delle acque meteoriche.

…

2.4 - GEOLOGIA

La zona insiste al margine dell'avanfossa padana che rappresentava il depocentro del bacino sedimentario (Vannoli et al., 2015).

…

Dal punto di vista geologico, l'area è situata sul "Diluvium medio" Q1m (secondo la terminologia della Carta Geologica d'Italia 1:100.000).

Si tratta di alluvioni pleistoceniche costituenti gli alti terrazzi sabbioso-ghiaiosi che si immergono ad unghia sotto le alluvioni tardive dell'alata pianura.

Il bedrock sismico si trova a poche decine di metri al di sotto delle coperture, in corrispondenza del limite stratigrafico Pliocene-Quaternario.

…

2.5 – IDROGEOLOGIA

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico, questo è strettamente connesso alle caratteristiche di permeabilità che competono alle differenti litologie presenti. Infatti in presenza di terreni fini coesivi e semicoesivi (limi s.l.) caratterizzati da ridotte caratteristiche di permeabilità non si crea una vera e propria circolazione di acque ipogee (falda) all'interno dei terreni stessi; le acque ipogee si concentrano e defluiscono per lo più verso valle all'interno dei livelli granulari (sabbie e ghiaie s.l.) posti in profondità.

La falda si trova solitamente ad una profondità di 6-7 m dal p.c.

Non si esclude tuttavia che a seguito di eventi di precipitazione meteorica prolungati e/o di particolare intensità si instauri, a seguito di percolazioni e infiltrazioni da parte delle acque superficiali, una falda temporanea, anche di tipo sospeso, in corrispondenza di locali contrasti di permeabilità dei terreni alluvionali ed interferenti con il bulbo di pressione indotto dalle fondazioni stesse.

Sempre a seguito di eventi meteorici intensi e prolungati ed in occasione dello scioglimento delle nevi si potranno verificare piccole falde sospese a regime temporaneo in corrispondenza di locali contrasti di permeabilità in dipendenza di afflussi diretti dalla superficie.

Nel corso delle indagini (novembre 2021) è stata rinvenuta la falda alle profondità di 6-7 m dal p.c..

…

2.6 – GEOMORFOLOGIA

…

Sulla carta del dissesto, realizzata dalla Regione Emilia Romagna (progetto CARG), non sono segnalate per un intorno significativo frane attive o quiescenti. A tal proposito, a monte e a valle dell'area in questione per un intorno significativo, non si sono notati dissesti morfologici tali da poter presagire l'innescarsi di processi gravitativi importanti che interessino il sedime fondazionale dell'edificio.

…

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

2.7 – SISMICITA'
Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sul Supplemento Ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003 il comune di Medesano viene classificato in zona 3.
…
La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, riportata nella figura seguente ed elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, approvata con Ordinanza n.3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 Aprile 2006, è diventata la mappa di riferimento prevista dall'Ordinanza n.3274 del 2003, All.1.
In tale cartografia il comune di Medesano ricade in una zona con accelerazione massima al suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a soli molto rigidi (Vs30>800 m/s; cat .A) compresa tra 0.150 e 0.175 g.
…
3 - RELAZIONE GEOTECNICA (indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica)
Al fine di approfondire il grado di conoscenza del terreno di fondazione e quindi di costruire uno schema stratigrafico dell'area oggetto d'intervento, si è fatto riferimento alle preindicate indagini geognostiche in sito con metodologia diretta ed indiretta (geofisica).
Sono state eseguite sull'area:
o n° 1 prova penetrometrica statica CPT;
o n° 3 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
o n° 1 prospezione di sismica attiva MASW;
o n° 1 prospezione di sismica passiva H/V (Microtremori)
…
3.2 - STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE
…
Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche è stata rinvenuta la falda a 6-7m circa dal p.c..
La modellazione geologica del sito per i primi metri è la seguente:

MODELLO GEOLOGICO		
Strato	**Profondità strato da p.c. [m]**	**Litologia**
A	0,00m ÷1,0/1,5m	Riporto antropico ghiaioso-ciottoloso.
B	1,0/1,5m ÷ 6,50/8,50m	Alternanza di limi argillosi e argille limose da consistenti a molto consistenti.
C	6,50/8,50m ÷ 14,00/15,00m	Alternanza di ghiaie, ghiaie sabbiose e ghiaie con ciottoli arrotondati, da molto addensate ad estremamente addensate.
D	14,5/15,00m ÷ 30,0/31,0m	Argilliti da molto consistenti a estremamente consistenti.
SOGGIACENZA MEDIA FALDA: 6-7 m circa dal p.c.		

…
3.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE
Per mezzo delle prove geognostiche effettuate in sito si è provveduto alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione.
Si è ritenuto opportuno utilizzare i risultati provenienti dalle prove penetrometriche statiche CPT, essendo disponibili per quest'ultima numerosi dati per risalire alle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni. In particolare dall'elaborazione dei valori di Qc si possono estrapolare, tra gli altri, i valori di resistenza al taglio in condizioni non drenate (Cu), essendo Cu = Qc/15÷25 (15÷25 = coeff. adimensionale del carico limite riferito alla prova penetrometrica statica), e la determinazione del parametro di resistenza al taglio φ (angolo d'attrito interno efficace φ'), per mezzo della correlazione Qc-φ' proposta da Begemann (1974) e Meyerhof (1974). Per quanto concerne la stima del modulo elastico, questo può essere determinato da Qc secondo l'equazione generale: E = C1 × Qc.
Per mezzo delle prove geognostiche effettuate in sito e sulla base delle conoscenze dei luoghi si è provveduto alla caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni di appoggio delle strutture fondazionali.

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

QUADRO GEOTECNICO-GEOMECCANICO SCHEMATICO

Strato	Profondità strato da p.c. [m]	Litologia Prevalente	Comportamento geomeccanico	Cu (Kg/cm^2)	C' (Kg/cm^2)	ϕ (°)	E (Mpa)	γ (T/m^3)	K (m/s)	μ
A	0,0m ÷1,5m	Riporto *	*	*	*	*	*	*	*	*
B	1,5m ÷ 7,0m	Argille e Limi	Coesivo	0,60÷0,80	0,15÷0,20	15÷20	15÷20	1,90	10^{-5}	0.25÷0.35
C	7,0m ÷ 15m	Ghiaie e Sabbie	Granulare	0,60÷0,80	0,05÷0,15	15÷25	20÷30	1,90	10^{-4}	0.25÷0.35
D	> 15m	Argilliti	Coesivo	-	0,00÷0,05	30÷40	50÷60	1,95	10^{-3}	0.25÷0.35

…

3.4 - MICROZONAZIONE SISMICA, STIMA DELLE VS30 E VALUTAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessaria la classificazione dei terreni compresi tra il piano di imposta delle future fondazioni ed un substrato rigido di riferimento (bedrock) al fine di eseguire l'analisi di risposta sismica locale (RSL), ai sensi del punto 3.2.2. delle NTC-2018, con procedura semplificata: la classificazione può essere basata sulla stima dal piano di posa delle fondazioni dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio Vs.

Relativamente alla valutazione della Risposta Sismica Locale del sito con procedura semplificata (NTC-2018), che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, il valore di Vs_eq (0-30m) ricavato a partire dal piano campagna, che è pari a 397 m/s, è compreso nell'intervallo che definisce la CATEGORIA DI SOTTOSUOLO "B".

CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRENO

Topografia: T1 (superficie pianeggiante) - Categoria di suolo di fondazione: B

…

3.5 – FREQUENZA FONDAMENTALE DEI TERRENI

L'indagine sismica effettuata ha inoltre consentito la valutazione della frequenza fondamentale dei terreni indagati. Tale valutazione risulta di notevole importanza se si considera che in caso di eventi sismici la struttura subisce danni notevolmente maggiori se essa presenta dei modi di vibrare con frequenze prossime a quelle dei terreni. Nakamura (1989) ha dimostrato che i massimi dei rapporti spettrali H/V consentono di individuare correttamente la frequenza e quindi il periodo fondamentale di risonanza per le onde S.

…

Il grafico HVSR mostra un picco di frequenza a 6,25 Hz con un contrasto d'impedenza basso all'interno del campo di frequenze di interesse ingegneristico (1÷10 Hz); non sono pertanto da escludere, in via preliminare, fenomeni significativi d'amplificazione sismica per effetti di doppia risonanza (frequenza naturale edificio = frequenza naturale terreni di fondazione).

…

3.7 – MICROZONAZIONE SISMICA – ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (R.S.L.) - APPROFONDIMENTO DI TERZO LIVELLO

…

*Per la valutazione dell'azione simica di progetto si è fatto riferimento ad una classe d'uso IV, con un coefficiente d'uso della costruzione (cu) pari a 2.0, stabilendo una vita nominale della costruzione (Vn) pari a 100 anni; pertanto il Periodo di riferimento considerato VR (Vn*Cu) risulta pari a 200 anni.*

…

3.7.4- Risultati dell'analisi di risposta sismica locale

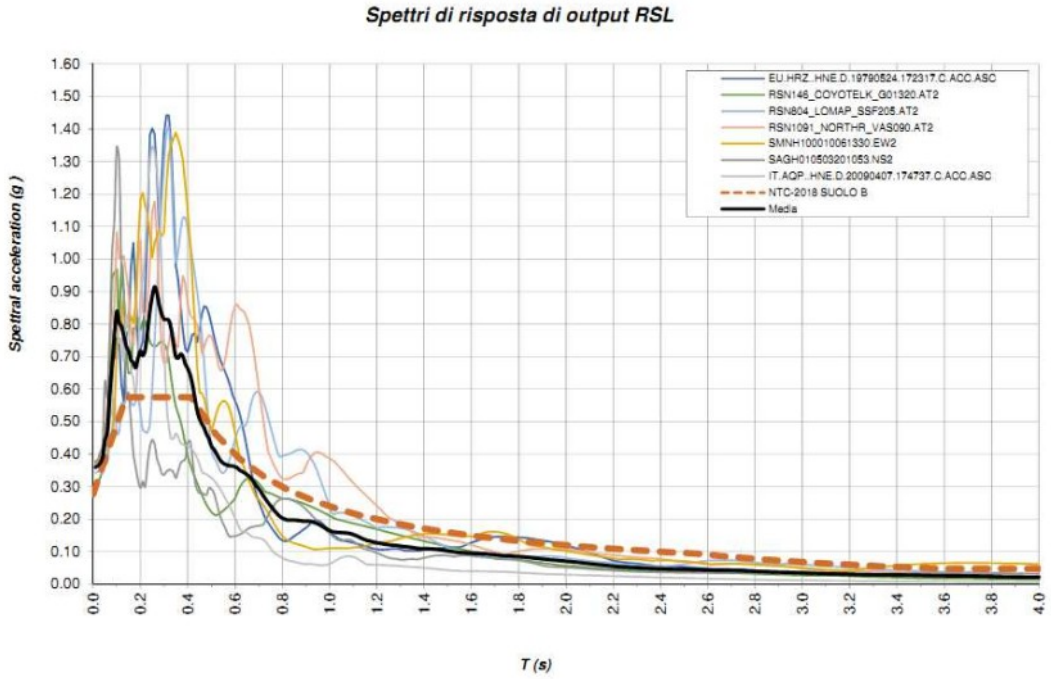
…

Dall'analisi della tabella precedente si evidenzia come i valori di PGA di Output della Risposta Sismica Locale calcolati al piano fondazionale (-1,0 m dal p.c.) rispetto al valore di PGA dello spettro di Input calcolato con il software Strata pari a 0,237 relativo agli accelerogrammi scalati utilizzati nelle elaborazioni eseguite col software Strata presentino dei fattori di amplificazione Fa di PGA variabili tra 1.35 e 1.63; il valore di mediana calcolato FAPGA è di 1.52 a cui corrisponde un valore di PGA medio amplificato pari a 0.360 g.

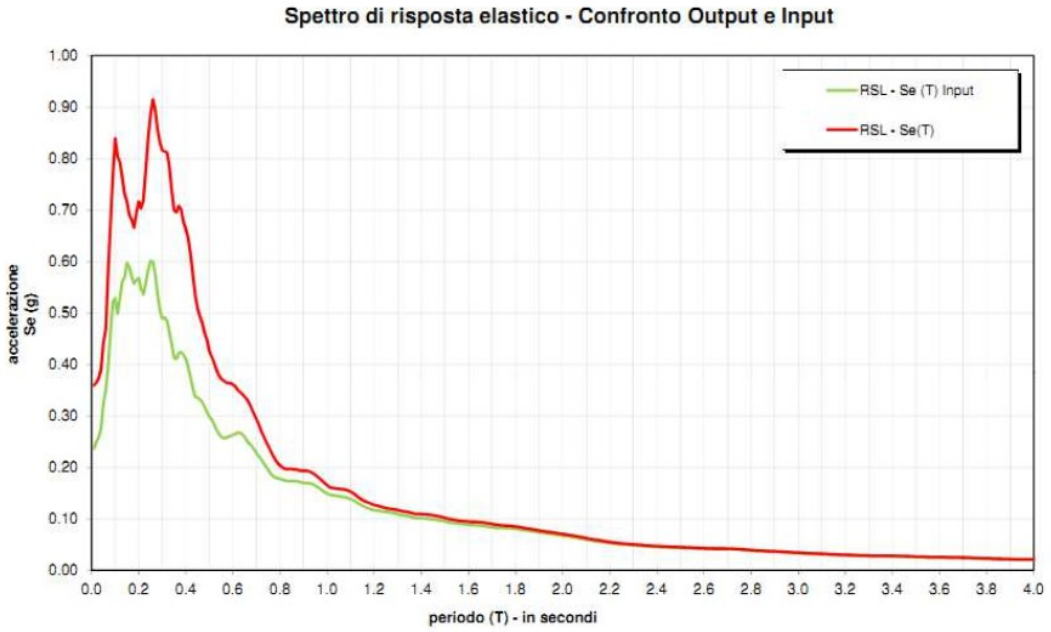
…

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

Nel grafico seguente si riportano i risultati ottenuti dalle simulazioni effettuate in termini di spettri di risposta elastico in accelerazione massima orizzontale al piano fondazionale (-1,0 m dal p.c.). Nel grafico sono presenti tutte le elaborazioni di Output con la curva nera indicante lo spettro medio risultante della RSL. Per confronto è riportato inoltre lo spettro ottenuto utilizzando un sottosuolo di categoria B con il metodo semplificato delle NTC-2018 (linea rossa tratteggiata).



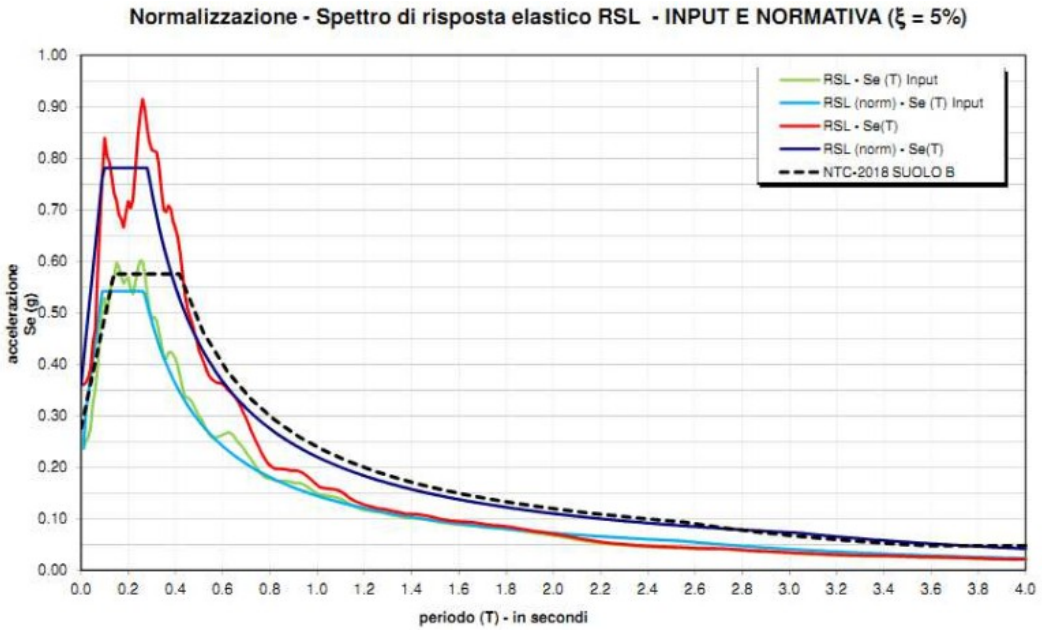
Nel grafico seguente è riportato lo spettro medio risultante di output (curva rossa) e lo spettro medio di input (curva verde) dal quale si evince graficamente l'amplificazione di sito in base al periodo.



Nel grafico seguente, oltre agli spettri medi di input ed output sono stati plottati sia i loro corrispettivi normalizzati (curva azzurra e blu) che lo spettro ottenuto utilizzando un sottosuolo di categoria B con il metodo semplificato delle NTC-2018 (linea nera tratteggiata).

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



…

I fattori di amplificazione per i diversi intervalli spettrali calcolati rispetto allo spettro di input sono i seguenti:

- *Fattore di Amplificazione PGA : 1.52*
- *Valore della PGA media rilevata sul sito in esame al piano fondazionale (-1,0 m) : 0.360 g*
- *Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.1-0.5 s (FA_IS 0.1-0.5) : 1.48*
- *Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.5-1.0 s (FA_IS 0.5-1.0) : 1.27*
- *Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.5-1.5 s (FA_IS 0.5-1.5) : 1.20*

Analizzando i fattori di amplificazione calcolati al piano fondazionale (-1.0 m dal p.c.) si evince che l'analisi di RSL ha evidenziato un'amplificazione di sito FAPGA pari a 1,52; il fattore di amplificazione calcolato risulta inferiore a quello individuato nello studio di Microzonazione Sismica di secondo livello del Comune di Medesano, calcolato al piano campagna, che è pari a 2,0.

3.7.5 – Riepilogo risultati studio di "RSL"

Per il caso in esame è stata eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale a partire dalla quota del piano fondazionale (-1,0 m dal p.c.) i cui risultati hanno portato ad un valore medio di PGAMAX pari a 0,360 g con un fattore di amplificazione (PGA/PGA0) medio pari a 1.52.

In allegato alla presente relazione sono riportati i tabulati con i dati degli spettri di risposta di output della RSL.

TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE		Fattori di Amplificazione Microzonazione Sismica Comune di Medesano al piano campagna
Valore della PGA_0 di riferimento da Norme Tecniche per la Costruzioni (NTC-2018) - Classe d'uso IV – Vn 100 anni	**0.237**	
Valore della PGA media rilevata sul sito in esame al piano fondazionale (-1,0 m)	**0.360**	
Fattore di Amplificazione (FA_{PGA}) al piano fondazionale (-1,0 m dal p.c.)	**1.52**	**2.0**
Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.1-0.5 s ($FA_IS_{0.1-0.5}$)	**1.48**	**1.9**
Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.5-1.0 s ($FA_IS_{0.5-1.0}$)	**1.27**	**1.4**
Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.5-1.5 s ($FA_IS_{0.5-1.5}$)	**1.20**	**non disp.**

3.8 – VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

…

In base alla Classificazione di Sonmez (2003), a cui si deve far riferimento secondo la DGR 630/2019 per la microzonazione sismica in Emilia-Romagna, il valore dell'indice di potenziale liquefazione calcolato indica un rischio "nullo" (CPT 1) di potenziale di liquefazione.

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

Controlli sull'ammissibilità dell'utilizzo dello spettro RSL

Controllo Ord. 55 24/04/18 e NTC 18 (Par. 7.2.6)

Al paragrafo 3.2 dell'Ordinanza 55/2018 viene indicato che *"al fine di definire lo spettro elastico di progetto, il progettista delle strutture dovrà confrontare lo spettro di risposta medio regolarizzato ottenuto dallo studio di MS3 della microzona di interesse con quello ottenuto con l'approccio semplificato della normativa sismica, per la categoria di sottosuolo in corrispondenza del manufatto e per il tempo di ritorno di 475 anni.*

L'intervallo di periodi da considerare per il confronto tra lo spettro di MS3 e quello di norma dell'approccio semplificato è determinato considerando i periodi di vibrazione di interesse dell'opera nelle due direzioni principali, ossia il minore, T_{min}, e il maggiore, T_{max}, dei tre periodi di vibrazione dell'edificio (inteso come struttura tridimensionale) con massa partecipante più elevata, tenendo anche conto dell'elongamento degli stessi durante la risposta sismica. Tale intervallo è compreso tra T_{min} e $2T_{max}$.

In questo intervallo dovranno essere valutate le seguenti due condizioni:

1. *lo spettro di MS3 supera puntualmente in misura maggiore del 30% lo spettro semplificato di norma;*
2. *l'integrale dello spettro di MS3 è superiore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma.*

Se nessuna delle due condizioni è verificata, è possibile utilizzare l'approccio semplificato della normativa sismica. Se almeno una delle condizioni di cui sopra è verificata, lo spettro previsto dall'approccio semplificato della normativa può ritenersi significativamente meno conservativo di quello di MS3."

Al paragrafo 7.2.6 delle NTC2018 viene indicato che "i *valori dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti dell'azione sismica di progetto, valutato assumendo il 5 % di smorzamento ed ottenuto tramite analisi di risposta sismica locale e/o di interazione terreno struttura, devono essere almeno pari al 70 % di quelli del corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione per sottosuolo di tipo A, come definito al §3.2.3.2."*

Per la struttura analizzata si riassumono nella seguente tabella i T_{min} e T_{max} derivanti delle analisi modali svolte.

Stato di fatto			
TX,3	1,378 s	TY,1	1,902 s
TX,4	1,274 s	TY,2	1,431 s
TX,5	1,208 s	TY,12	0,582 s
Progetto			
TX,4	1,378 s	TY,1	1,902 s
TX,1	1,274 s	TY,2	1,431 s
TX,3	1,208 s	TY,12	0,582 s

In esito ai controlli svolti risulta che, sia nello stato di fatto che di progetto, è possibile l'uso dello spettro normalizzato derivante dalla analisi della risposta sismica locale oppure dello spettro di cui alle NTC.

Nel seguito si riporta l'analisi dettagliata relativa allo stato di fatto con sisma in direzione Y (relativo al modello strutturale di calcolo).

Simbologia adottata nelle tabelle

Se(t)	Accelerazioni dello spettro di input
Tr	Periodo di ritorno
ag	Accelerazione massima
Fo	fattore di amplificazione spettrale
T*c	Periodo di inizio tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
Tmin	Valore minore tra i tre periodi di vibrazione dell'edificio con massa partecipante più elevata
2Tmax	Valore maggiore tra i tre periodi di vibrazione dell'edificio con massa partecipante più elevata moltiplicato per due

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

Integrale RSL	Integrale dello spettro di risposta sismica locale valutato nell'intervallo compreso tra Tmin e 2Tmax
Integrale NTC*1.2	Integrale dello spettro da normativa amplificato del 20% valutato nell'intervallo compreso tra Tmin e 2Tmax
Rapporto	Rapporto tra Integrale RSL e Integrale NTC*1.2;
Esito confronto RSL vs NTC	- Possibile l'uso dello spettro NTC se Rapporto minore di 1 e RSL < NTC*1.3 - Non ammesso l'uso dello spettro NTC se RSL ≥ NTC*1.3 e Rapporto maggiore di 1 - Non ammesso l'uso dello spettro NTC (30% superato) se RSL ≥ NTC*1.3 - Non ammasso l'uso dello spettro NTC (rapporto integrali) se Rapporto maggiore di 1
Se(t) RSL	Accelerazioni dello spettro di risposta sismica locale
Se(t) NTC*1.3	Accelerazioni dello spettro da normativa amplificate del 30%
Confronto ord.55	Confronto tra lo spettro di risposta sismica locale e lo spettro da normativa amplificato del 30% nell'intervallo compreso tra Tmin e 2Tmax secondo l'Ordinanza n. 55 - 24/04/2018: - Non richiesto (ad di fuori dell'intervallo compreso tra Tmin e 2Tmax); - RSL <= NTC*1.3; - RSL > NTC*1.3
Esito confronto RSL vs NTC (0.7 A)	Se lo spettro di risposta sismica locale è minore del 70% dello spettro da normativa non è consentito l'uso dello spettro di risposta sismica locale (7.2.6 NTC 2018): - Possibile l'uso dello spettro RSL; - Non ammesso l'uso di RSL (0.7 non superato).
Se(t) NTC*0.7 suolo tipo A	70% delle Accelerazioni dello spettro da normativa valutato per categoria A di sottosuolo
Confronto NTC	Confronto tra lo spettro di risposta sismica locale e il 70% dello spettro da normativa: - RSL >= NTC_A*0.7; - RSL < NTC_A*0.7

Dati generali e pericolosità sismica	
Località	MEDESANO (PR)
Longitudine	10.139
Latitudine	44.767
Tipo di suolo	B
Categoria topografica	T1

Periodo di ritorno <Tr>	**Accelerazione max <ag>**	**Amplificazione <Fo>**	**Inizio v=costante <T*c>**
	[g]		[s]
30	0.074	2.243	0.213
50	0.093	2.261	0.228
72	0.110	2.250	0.233
101	0.127	2.250	0.238
140	0.146	2.235	0.242
201	0.168	2.250	0.242
475	0.232	2.256	0.251
975	0.293	2.270	0.260
2475	0.382	2.305	0.269

Confronto spettri RSL vs NTC	
Tmin	0.582
2Tmax	3.804
Integrale RSL	0.237
Integrale NTC*1.2	0.384
Rapporto	0.617
Esito confronto	Possibile l'uso dello spettro NTC

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

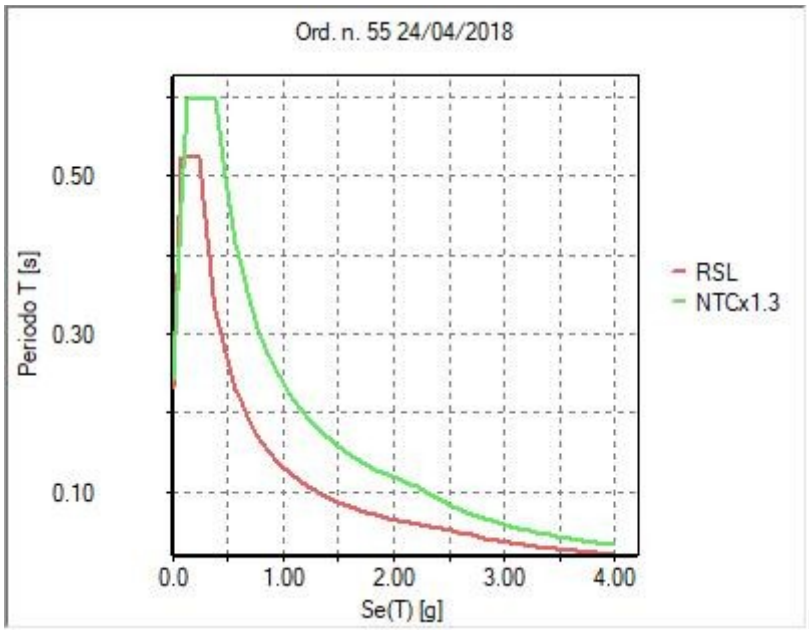


Fig. 1

Periodo	Se(t) RSL	Se(t) NTC*1.3	Confronto ord.55
[s]	[g]	[g]	
0.000	0.232	0.242	Non richiesto
0.084	0.523	0.466	Non richiesto
0.132	0.523	0.596	Non richiesto
0.181	0.523	0.596	Non richiesto
0.251	0.523	0.596	Non richiesto
0.279	0.470	0.596	Non richiesto
0.377	0.348	0.596	Non richiesto
0.397	0.331	0.596	Non richiesto
0.475	0.277	0.499	Non richiesto
0.572	0.229	0.414	Non richiesto
0.582	0.226	0.407	RSL <= NTC*1.3
0.670	0.196	0.353	RSL <= NTC*1.3
0.768	0.171	0.308	RSL <= NTC*1.3
0.866	0.152	0.274	RSL <= NTC*1.3
0.963	0.136	0.246	RSL <= NTC*1.3
1.061	0.124	0.223	RSL <= NTC*1.3
1.159	0.113	0.204	RSL <= NTC*1.3
1.257	0.104	0.188	RSL <= NTC*1.3
1.355	0.097	0.175	RSL <= NTC*1.3
1.452	0.090	0.163	RSL <= NTC*1.3
1.550	0.085	0.153	RSL <= NTC*1.3
1.648	0.080	0.144	RSL <= NTC*1.3
1.746	0.075	0.136	RSL <= NTC*1.3
1.843	0.071	0.128	RSL <= NTC*1.3
1.941	0.068	0.122	RSL <= NTC*1.3
2.039	0.064	0.116	RSL <= NTC*1.3
2.137	0.061	0.111	RSL <= NTC*1.3
2.221	0.059	0.107	RSL <= NTC*1.3
2.234	0.059	0.105	RSL <= NTC*1.3
2.332	0.056	0.097	RSL <= NTC*1.3
2.430	0.054	0.089	RSL <= NTC*1.3
2.528	0.052	0.082	RSL <= NTC*1.3
2.586	0.050	0.079	RSL <= NTC*1.3
2.645	0.047	0.075	RSL <= NTC*1.3
2.704	0.045	0.072	RSL <= NTC*1.3
2.763	0.043	0.069	RSL <= NTC*1.3
2.822	0.042	0.066	RSL <= NTC*1.3
2.881	0.040	0.063	RSL <= NTC*1.3
2.940	0.038	0.061	RSL <= NTC*1.3
2.999	0.037	0.058	RSL <= NTC*1.3
3.058	0.036	0.056	RSL <= NTC*1.3
3.117	0.034	0.054	RSL <= NTC*1.3
3.175	0.033	0.052	RSL <= NTC*1.3

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

3.234	0.032	0.050	RSL <= NTC*1.3
3.293	0.031	0.048	RSL <= NTC*1.3
3.352	0.030	0.047	RSL <= NTC*1.3
3.411	0.029	0.045	RSL <= NTC*1.3
3.470	0.028	0.044	RSL <= NTC*1.3
3.529	0.027	0.042	RSL <= NTC*1.3
3.588	0.026	0.041	RSL <= NTC*1.3
3.647	0.025	0.040	RSL <= NTC*1.3
3.706	0.024	0.038	RSL <= NTC*1.3
3.764	0.023	0.037	RSL <= NTC*1.3
3.804	0.023	0.036	RSL <= NTC*1.3
3.823	0.023	0.036	Non richiesto
3.882	0.022	0.035	Non richiesto
3.941	0.021	0.034	Non richiesto
4.000	0.021	0.033	Non richiesto

Confronto spettro RSL vs NTC (0.7 A)	
Esito confronto	Possibile l'uso dello spettro RSL

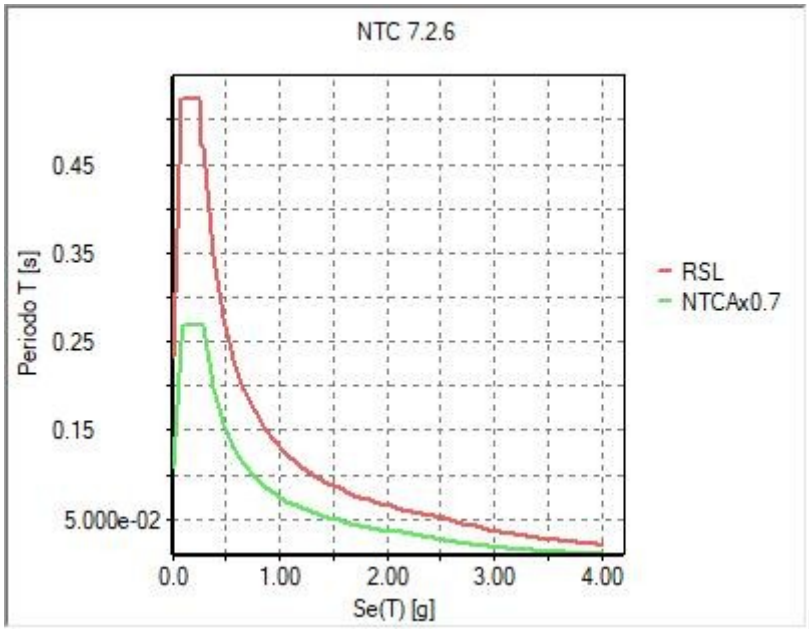


Fig. 2

Periodo	**Se(t) RSL**	**Se(t) NTC*0.7 suolo tipo A**	**Confronto NTC**
[s]	[g]	[g]	
0.000	0.232	0.109	RSL >= NTC_A*0.7
0.084	0.523	0.251	RSL >= NTC_A*0.7
0.093	0.523	0.267	RSL >= NTC_A*0.7
0.181	0.523	0.267	RSL >= NTC_A*0.7
0.251	0.523	0.267	RSL >= NTC_A*0.7
0.279	0.470	0.267	RSL >= NTC_A*0.7
0.280	0.469	0.267	RSL >= NTC_A*0.7
0.377	0.348	0.199	RSL >= NTC_A*0.7
0.475	0.277	0.158	RSL >= NTC_A*0.7
0.572	0.229	0.131	RSL >= NTC_A*0.7
0.670	0.196	0.112	RSL >= NTC_A*0.7
0.768	0.171	0.098	RSL >= NTC_A*0.7
0.866	0.152	0.087	RSL >= NTC_A*0.7
0.963	0.136	0.078	RSL >= NTC_A*0.7
1.061	0.124	0.071	RSL >= NTC_A*0.7
1.159	0.113	0.065	RSL >= NTC_A*0.7
1.257	0.104	0.060	RSL >= NTC_A*0.7
1.355	0.097	0.055	RSL >= NTC_A*0.7
1.452	0.090	0.052	RSL >= NTC_A*0.7
1.550	0.085	0.048	RSL >= NTC_A*0.7
1.648	0.080	0.045	RSL >= NTC_A*0.7
1.746	0.075	0.043	RSL >= NTC_A*0.7
1.843	0.071	0.041	RSL >= NTC_A*0.7

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

1.941	0.068	0.039	RSL >= NTC_A*0.7
2.039	0.064	0.037	RSL >= NTC_A*0.7
2.137	0.061	0.035	RSL >= NTC_A*0.7
2.221	0.059	0.034	RSL >= NTC_A*0.7
2.234	0.059	0.033	RSL >= NTC_A*0.7
2.332	0.056	0.031	RSL >= NTC_A*0.7
2.430	0.054	0.028	RSL >= NTC_A*0.7
2.528	0.052	0.026	RSL >= NTC_A*0.7
2.586	0.050	0.025	RSL >= NTC_A*0.7
2.645	0.047	0.024	RSL >= NTC_A*0.7
2.704	0.045	0.023	RSL >= NTC_A*0.7
2.763	0.043	0.022	RSL >= NTC_A*0.7
2.822	0.042	0.021	RSL >= NTC_A*0.7
2.881	0.040	0.020	RSL >= NTC_A*0.7
2.940	0.038	0.019	RSL >= NTC_A*0.7
2.999	0.037	0.018	RSL >= NTC_A*0.7
3.058	0.036	0.018	RSL >= NTC_A*0.7
3.117	0.034	0.017	RSL >= NTC_A*0.7
3.175	0.033	0.016	RSL >= NTC_A*0.7
3.234	0.032	0.016	RSL >= NTC_A*0.7
3.293	0.031	0.015	RSL >= NTC_A*0.7
3.352	0.030	0.015	RSL >= NTC_A*0.7
3.411	0.029	0.014	RSL >= NTC_A*0.7
3.470	0.028	0.014	RSL >= NTC_A*0.7
3.529	0.027	0.013	RSL >= NTC_A*0.7
3.588	0.026	0.013	RSL >= NTC_A*0.7
3.647	0.025	0.013	RSL >= NTC_A*0.7
3.706	0.024	0.012	RSL >= NTC_A*0.7
3.764	0.023	0.012	RSL >= NTC_A*0.7
3.823	0.023	0.011	RSL >= NTC_A*0.7
3.882	0.022	0.011	RSL >= NTC_A*0.7
3.941	0.021	0.011	RSL >= NTC_A*0.7
4.000	0.021	0.010	RSL >= NTC_A*0.7

Periodo di ritorno <Tr>	Esito confronto
30	Possibile l'uso dello spettro RSL
50	Possibile l'uso dello spettro RSL
72	Possibile l'uso dello spettro RSL
101	Possibile l'uso dello spettro RSL
140	Possibile l'uso dello spettro RSL
201	Possibile l'uso dello spettro RSL
475	Possibile l'uso dello spettro RSL
975	Possibile l'uso dello spettro RSL
2475	Possibile l'uso dello spettro RSL

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

Caratterizzazione litostratimetrica utilizzata nelle analisi strutturali e verifiche di sicurezza

In esito ai dati ricavati dalla relazione geologica, per le analisi strutturali il terreno di fondazione viene caratterizzato come segue:

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito Neg.
1	da 0.0 a -100.0 cm	100.0 cm	003 / Terreno di riporto	Assente
2	da -100.0 a -700.0 cm	600.0 cm	002 / Limo argilloso (B)	Assente
3	da -700.0 a -1500.0 cm	800.0 cm	001 / Ghiaia e sabbia compatta (C)	Assente

Indice / Descrizione terreno: **003 / Terreno di riporto**
Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cmc	daN/cmc	daN/cmq	daN/cmq	daN/cmq	%	%	
1.800 E-3	2.000 E-3	0.500	100.000	100.000	60.0	0.500	0.00

Indice / Descrizione terreno: **002 / Limo argilloso (B)**
Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cmc	daN/cmc	daN/cmq	daN/cmq	daN/cmq	%	%	
1.900 E-3	2.100 E-3	0.700	174.571	235.000	60.0	0.300	0.49

Indice / Descrizione terreno: **001 / Ghiaia e sabbia compatta (C)**
Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cmc	daN/cmc	Gradi°	daN/cmq	daN/cmq	daN/cmq	%	%	
1.900 E-3	2.100 E-3	20.000	0.100	248.857	335.000	60.0	0.300	0.90

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

Rilievo geometrico-strutturale e analisi storico-critica

Esame della documentazione disponibile

Documentazione disponibile

La documentazione esaminata disponibile agli atti del Comune di Medesano e dell'Ufficio ex Genio Civile di Parma è la seguente:

Denuncia dei lavori	**Per lavori di costruzione di capannone prefabbricato sito in Cornacina Comune di Medesano**, presentata dalla Ditta Prefabbricati I.C.E.P. S.r.l. in data 28/11/1980 con fascl. n. 4568, completa di: • Relazione illustrativa; • Progetto esecutivo delle strutture in c.a., redatto dall'Ing. Ugo Cattenati in data 28/11/1980.
Tecnici/Redattori	Progetto strutturale: Ing. Ugo Cattenati Direzione dei Lavori: Ing. Ugo Cattenati Costruttore: Ditta Prefabbricati I.C.E.P. S.r.l.
Data redazione	novembre 1980

Certificato di collaudo delle strutture	**Per lavori di costruzione di capannone prefabbricato sito in Cornacina Comune di Medesano**, redatto dall'Arch. Pierluigi Gaita in data 04/09/1985, completo dei seguenti elaborati: • Relazione finale di ultimazione dei lavori, redatta dal D.L. Ing. Ugo Cattenati in data 09/05/1985; • Certificato del Laboratorio Geotecnologico Emiliano S.r.l. di Parma, rilasciato in data 24/04/1985 con n. 856/9; • Nomina del Collaudatore, firmata dal Committente Sig. Cantarelli Daniele in data 26/08/1985.
Tecnici/Redattori	Collaudatore: Arch. Pierluigi Gaita
Data redazione	settembre 1985
Note	*I documenti riguardano la costruzione iniziale, della sola campata destra del capannone, adiacente alla campata in ampliamento che diventerà sede della Protezione Civile di Medesano.*

Permesso di Costruire	**Per la realizzazione della parte di capannone in ampliamento,** presentato dal Geom. Christian Nebbi in data 28/02/2008
Tecnici/Redattori	Geom. Christian Nebbi
Data redazione	febbraio 2008
Note	*I documenti esaminati riguardano unicamente la parte civile e impiantistica e non includono tavole grafiche strutturali che consentano di ricostruire i dettagli degli elementi portanti di fondazione e delle strutture in elevazione esistenti.*

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

Analisi storico-critica

Dalle informazioni e dagli atti esaminati risulta che una prima parte dell'edificio è stata costruita negli anni '80 e realizzata predisponendo le strutture in modo da poter sostenere un eventuale ampliamento successivo. Questa costruzione iniziale ha riguardato unicamente una campata (che nel prosieguo identificheremo come campata sinistra, rispetto al fronte strada). L'ampliamento previsto, poi effettivamente avvenuto, riguarda la campata destra, rispetto al fronte strada, ed accoglierà la nuova sede della Protezione Civile di Medesano (PR).

Le informazioni di carattere strutturale agli atti dell'ex-genio civile dunque riguardano unicamente la costruzione iniziale. E' stato quindi possibile ricostruire la configurazione dei pilastri, delle travi principali a sezione con altezza variabile e dei tegoli di copertura, mentre non sono presenti tavole grafiche strutturali che consentano di ricostruire i dettagli dei plinti di fondazione.

Le informazioni più rilevanti contenute nel certificato di collaudo della struttura originaria e dalla denuncia dei lavori sono riassunte di seguito in maniera sintetica e non esaustiva:

- plinti realizzati in opera;
- strutture in elevazione prefabbricate in calcestruzzo armato vibrato (non precompresso);
- unico corpo di fabbrica costituito da due pilastrate su plinti con interasse di 6,0 m per 4 campate, travi cornicione, travi ad altezza variabile e piastre nervate di copertura;
- larghezza 15,45 m - lunghezza 24,40 m - interassi pilastri = 6 m;
- pilastri 40x50 cm sul lato nord e 40x40 cm sul lato sud;
- calcestruzzo a dosaggio con 4,0 q.li di cemento tipo 525 per mc di impasto (ghiaia mc 0,700, sabbia mc 0,500, acqua l. 120) con R_{ck} pari o superiore a 400 daN/cm^2;
- barre di acciaio per c.a. ad aderenza migliorata FeB44K.

La documentazione reperita agli atti viene allegata alla presente relazione di calcolo strutturale e valutazione della sicurezza nel documento progettuale contenente lo stralcio degli elaborati dei progetti costruttivi originali.

Rilievo geometrico-strutturale

Si è provveduto ad eseguire il rilievo geometrico-strutturale che ha consentito di verificare ed integrare le informazioni tratte dal fascicolo n. 4568/1980 reperito presso l'ex-genio civile, catalogare e definire tutti gli elementi strutturali di fondazione ed in elevazione, completare il rilievo dei dettagli strutturali.

L'unità strutturale si compone di due parti con le seguenti superfici in pianta:

Superficie dell'unità immobiliare relativa alla costruzione iniziale (impronta a terra)	369 mq
Superficie dell'unità immobiliare relativa alla zona di ampliamento (impronta a terra)	323 mq
Superficie complessiva dell'imporonta a terra dell'unità strutturale	692 mq

Si sono effettuate misurazioni e saggi che hanno consentito di rilevare con completezza le dimensioni di:

- plinti di fondazione;
- travi di fondazione porta-muro;
- pilastri;
- travi principali;
- tegoli di copertura;
- muri di tamponamento.

Nella documentazione fotografica si riportano le immagini relative allo stato dei luoghi, alle strutture esistenti ed alla campagna di saggi in fondazione svolta.

Nei capitoli seguenti si riepilogano gli esiti delle indagini diagnostiche e, successivamente, si riportano i dati costitutivi di tutti gli elementi strutturali rilevati ed indagati.

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

Valutazione di stati di dissesto e degrado

La struttura nel suo insieme e per i singoli elementi strutturali, non presenta segni di dissesto quali cedimenti, fessurazioni, deformazioni.

A seguito dello svolgimento del rilievo e delle indagini diagnostiche si rileva che il pilastro in c.a. della costruzione iniziale, nell'angolo sud, presenta nella parte inferiori alcuni punti di distacco del calcestruzzo di copriferro e l'ossidazione dei ferri di armatura sulla faccia esposta all'esterno.

Per tale ragione nell'intervento progettuale, prima della esecuzione del rinforzo dei pilastri, si prevede la eliminazione dello stato di degrado mediante trattamento di passivazione dei ferri esposti e reintegro del calcestruzzo in distacco preventivamente asportato.



Illustrazione 5: Fotografia della indagine pacometrica P9 ove si rilevano i ferri ossidati.

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

Esito delle indagini diagnostiche

Di seguito si riportano gli esiti delle indagini diagnostiche svolte dallo Studio MM S.r.l. sull'unità strutturale esistente oggetto di intervento.

Le indagini sono state le seguenti:

- n. 2 prelievi di carote di calcestruzzo da sottoporre a prova di compressione
- n. 13 prove Sonreb (indagini ultrasoniche e sclerometriche)
- n. 1 prova magnetometrica
- n. 2 prelievi di barre di acciaio per c.a. da sottoporre a prova di trazione
- n. 4 indagini durometriche su barre di acciaio per c.a.
- n. 15 indagini pacometriche

Carotaggi e prove di compressione dei provini di calcestruzzo

I carotaggi C1 e C2 hanno riguardato rispettivamente un pilastro della zona di ampliamento (campata destra) ed un pilastro della costruzione iniziale (pilastro centrale in comune alle due campate).

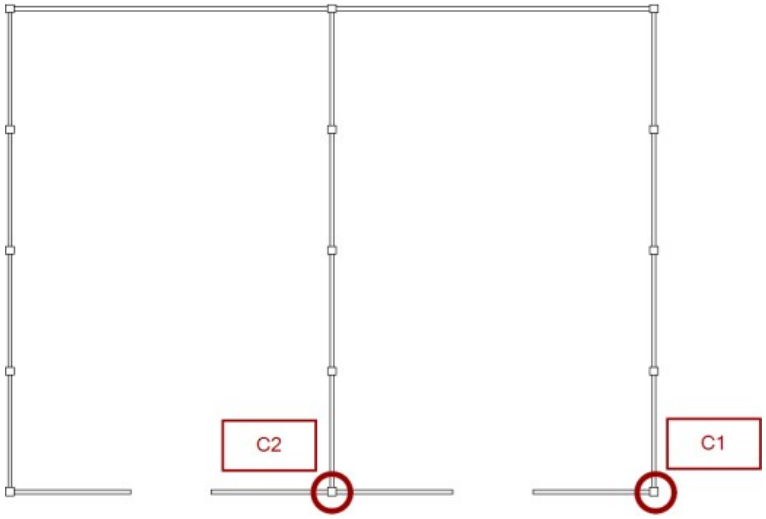


Figura 2: Schema planimetrico dei carotaggi.

Esito delle prove a compressione

Provino C1 – pilastro zona di ampliamento f_c = 46,2 MPa
Provino C2 – pilastro costruzione iniziale f_c = 42,4 MPa

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

Indagini Sonreb

Le prove Sonreb sono risultate necessarie ed indispensabili ai fini della integrazione, con prove non invasive, delle prove di compressione su carota. Non si è ritenuto opportuno effettuare carotaggi sulle travi in c.a. e sui tegoli, viste le loro caratteristiche costitutive (esili spessori di calcestruzzo nelle zone di possibile prelievo) e la maggiore difficoltà di esecuzione dei carotaggi in quota.

Le prove Sonreb sono state eseguite su n. 4 pilastri della zona di ampliamento (campata destra), su n. 4 pilastri della costruzione iniziale (due pilastri centrali e due pilastri laterali a sinistra della campata), su n. 3 travi della zona di ampliamento (campata destra, uno nella trave esterna e n. 2 in due distinte travi interne), su n. 2 travi della costruzione iniziale (due travi interne della campata sinistra).

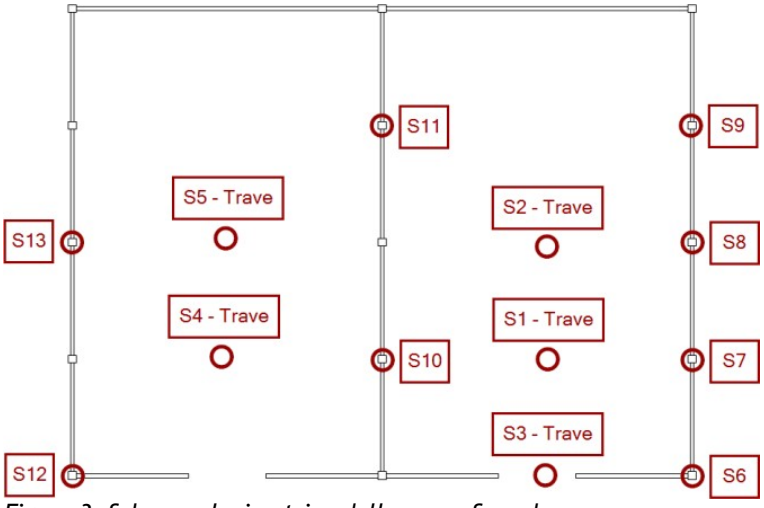


Figura 3: Schema planimetrico delle prove Sonreb.

L'esito delle prove Sonreb, dettagliato nel report redatto dallo Studio MM S.r.l., viene di seguito riepilogato prendendo come riferimento il valore della mediana secondo l'espressione delle Norme RILEM, espressione idonea per il caso in esame anche in funzione del confronto con i risultati delle prove di rottura dei prelievi con carotaggio e dei risultati attesi in base ai certificati di prova originali d'epoca della costruzione iniziale:

Prova S1 – Trave interna zona di ampliamento	$RC_{4,mediana}$ =	53,4 MPa
Prova S2 – Trave interna zona di ampliamento	$RC_{4,mediana}$ =	49,9 MPa
Prova S3 – Trave esterna zona di ampliamento	$RC_{4,mediana}$ =	50,5 MPa
Travi zona di ampliamento	$RC_{4,mediana,min}$ =	49,9 MPa
Risultato atteso dai dati in atti	R_{ck} =	n.d.
Prova S4 – Trave interna costruzione iniziale	$RC_{4,mediana}$ =	39,6 MPa
Prova S5 – Trave interna costruzione iniziale	$RC_{4,mediana}$ =	42,5 MPa
Travi costruzione iniziale	$RC_{4,mediana,min}$ =	39,6 MPa
Risultato atteso dai dati in atti	R_{ck} =	40,0 MPa ≈ $RC_{4,mediana,min}$ = 39,6 MPa
Prova S6 – Pilastro esterno zona di ampliamento	$RC_{4,mediana}$ =	54,0 MPa
Prova S7 – Pilastro esterno zona di ampliamento	$RC_{4,mediana}$ =	56,9 MPa
Prova S8 – Pilastro esterno zona di ampliamento	$RC_{4,mediana}$ =	64,3 MPa
Prova S9 – Pilastro esterno zona di ampliamento	$RC_{4,mediana}$ =	58,4 MPa
Pilastri zona di ampliamento	$RC_{4,mediana,min}$ =	54,0 MPa
Risultato atteso dai dati in atti	R_{ck} =	n.d.
Prova S10 – Pilastro interno costruzione iniziale	$RC_{4,mediana}$ =	57,2 MPa
Prova S11 – Pilastro interno costruzione iniziale	$RC_{4,mediana}$ =	57,6 MPa
Pilastri interni costruzione iniziale	$RC_{4,mediana,min}$ =	57,2 MPa
Risultato atteso dai dati in atti	R_{ck} =	40,0 MPa << $RC_{4,mediana,min}$ = 57,2 MPa
Prova S12 – Pilastro esterno costruzione iniziale	$RC_{4,mediana}$ =	33,4 MPa

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

Prova S13 – Pilastro esterno costruzione iniziale	$RC_{4,mediana}$ =	31,8 MPa
Pilastri costruzione iniziale	$RC_{4,mediana,min}$ =	31,8 MPa
Risultato atteso dai dati in atti	R_{ck} =	40,0 MPa > $RC_{4,mediana,min}$ = 31,8 MPa

Si rileva come i risultati delle prove Sonreb sui pilastri esterni della costruzione iniziale non siano conformi alle attese.

Indagini pacometriche

L'esito delle indagini pacometriche, dettagliato nel report redatto dallo Studio MM S.r.l., viene di seguito riepilogato.

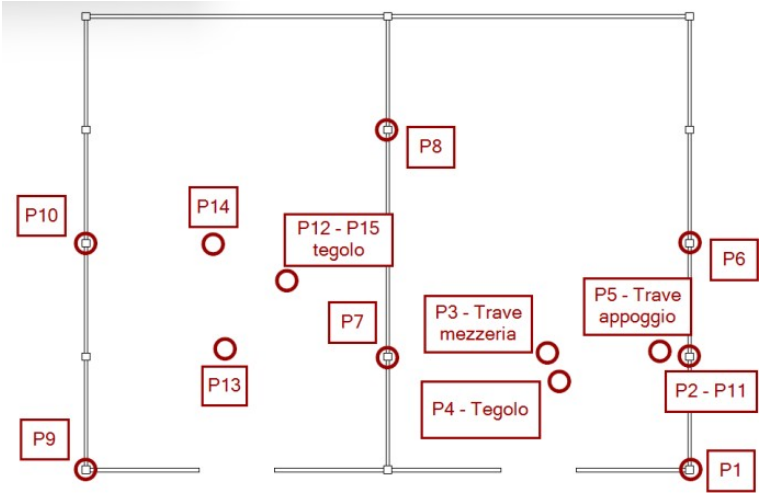


Figura 4: Schema planimentrico delle indagini pacometriche.

Pacometria P1 – Pilastro esterno zona di ampliamento PARTE BASSA- Sezione 40x40 cm

Vengono confermate e anzi, superate, le attese per i ferri longitudinali che, per similitudine con gli elaborati esecutivi della costruzione iniziale, prevedono correnti n. 2 Ø16 + 2Ø18 nelle facce nord-est e sud-ovest. In questo caso, anche in esito alla pacometria P2 seguita da demolizione con prelievo di barra d'armatura, l'armatura longitudinale effettiva del pilastro si può ritenere composta da 4Ø18 nelle facce nord-est e sud-ovest. La staffatura attesa Ø6 passo 15-20 cm è invece diversa e costituita da staffe Ø8-10 passo 25-28 cm.

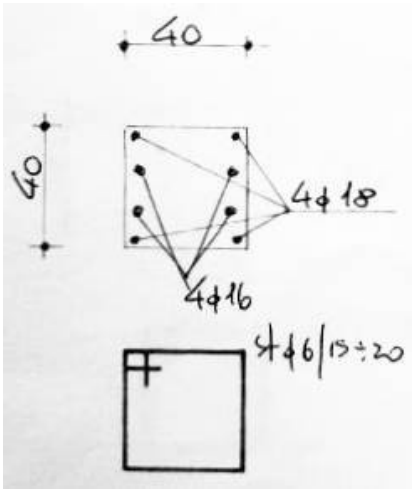


Figura 5: Stralcio della pratica n. 4568/1980 - Sezione almatura della parte bassa dei pilastri 40x40.

Pacometria P2 – Pilastro esterno zona di ampliamento PARTE BASSA - Sezione 40x40 cm

Vengono confermate e anzi, superate, le attese per i ferri longitudinali che, per similitudine con gli elaborati esecutivi della costruzione iniziale, prevedono correnti n. 2 Ø16 + 2Ø18 nelle facce nord-est e sud-ovest. In questo caso l'armatura longitudinale effettiva del pilastro si può ritenere composta da 4Ø18 nelle facce nord-est e sud-ovest. La staffatura attesa Ø6 passo 15-20 cm sembra invece diversa e costituita da staffe Ø8-10 passo 26-29 cm.

Per le prove durometriche D7, D8 e D9 viene scoperta la staffatura che risulta essere composta effettivamente da barre di diametro Ø8.

Per la prova durometrica D10 ed il prelievo del ferro F1 viene scoperto un ferro corrente che risulta di diametro Ø20.

Pacometria P11 – Pilastro esterno zona di ampliamento PARTE ALTA – Sezione 40x40 cm

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

Nella parte alta del pilastro, in prossimità dell'appoggio della trave, vengono confermate le attese per i ferri longitudinali che, per similitudine con gli elaborati esecutivi della costruzione iniziale, prevedono correnti n. 2 2Ø18 nelle facce nord-est e sud-ovest. I ferri proseguono anche nella forchetta di confinamento della trave. La staffatura attesa Ø6 passo 15-20 cm sembra invece diversa e costituita da staffe Ø8-10 passo 29-30 cm.

Per le prove durometriche D7, D8 e D9 viene scoperta la staffatura che risulta essere composta da barre di diametro Ø8.

Per la prova durometrica D10 ed il prelievo del ferro F1 viene scoperto un ferro corrente che risulta di diametro Ø20.

Pacometria P6 – Pilastro esterno zona di ampliamento PARTE BASSA – Sezione 40x40 cm

Vengono confermate e anzi, superate, le attese per i ferri longitudinali che, per similitudine con gli elaborati esecutivi della costruzione iniziale, prevedono correnti n. 2 Ø16 + 2Ø18 nelle facce nord-est e sud-ovest. In questo caso l'armatura longitudinale effettiva del pilastro si può ritenere composta da 4Ø18 nelle facce nord-est e sud-ovest. La staffatura attesa Ø6 passo 15-20 cm è invece diversa e costituita da staffe Ø8-10 passo 27-29 cm.

Pacometria P7 – Pilastro centrale costruzione iniziale PARTE BASSA – Sezione 50x40 cm

Vengono confermate le attese per i ferri longitudinali che, per similitudine con gli elaborati esecutivi della costruzione iniziale, prevedono correnti n. n. 2 Ø16 + 2Ø18 nelle facce nord-est e sud-ovest. La staffatura attesa Ø6 passo 15-20 cm è invece diversa e costituita da staffe Ø8-10 passo 17-20 cm.

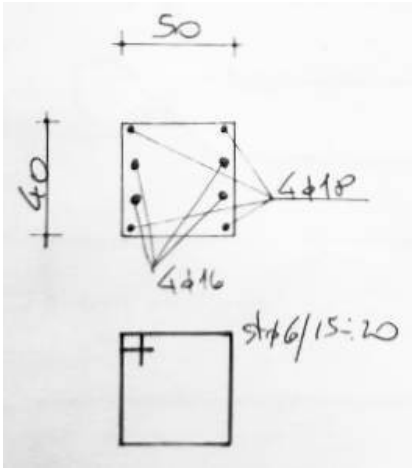


Figura 6: Stralcio della pratica n. 4568/1980 - Sezione almatura della parte bassa dei pilastri 50x40.

Pacometria P8 – Pilastro centrale costruzione iniziale PARTE BASSA – Sezione 50x40 cm

Vengono confermate le attese per i ferri longitudinali che, per similitudine con gli elaborati esecutivi della costruzione iniziale, prevedono correnti n. n. 2 Ø16 + 2Ø18 nelle facce nord-est e sud-ovest. La staffatura attesa Ø6 passo 15-20 cm è invece diversa e costituita da staffe Ø8-10 passo 22-24 cm.

Pacometria P9 – Pilastro esterno costruzione iniziale PARTE BASSA – Sezione 40x40 cm

Vengono confermate le attese per i ferri longitudinali che prevedono correnti n. 2 Ø16 + 2Ø18 nelle facce nord-est e sud-ovest. Anche le prove durometriche D11 e D12 ed il prelievo del ferro F2 confermano la configurazione dei ferri longitudinali come sopra indicata.

La staffatura attesa Ø6 passo 15-20 cm, che da prova pacometrica risulterebbe invece diversa e costituita da staffe Ø8-10 passo 19-21 cm, viene invece confermata a seguito della messa a nudo delle armature per le prove durometriche D13 e D14.

Pacometria P10 – Pilastro esterno costruzione iniziale PARTE BASSA – Sezione 40x40 cm

Vengono confermate le attese per i ferri longitudinali che, dagli elaborati esecutivi della costruzione iniziale, prevedono correnti n. 2 Ø16 + 2Ø18 nelle facce nord-est e sud-ovest, anche in analogia con quanto rilevato con l'indagine pacometrica P9 nella quale si sono svolte demolizioni per il prelievo della barra d'armatura, l'armatura longitudinale effettiva del pilastro. La staffatura attesa Ø6 passo 15-20 cm è invece diversa e costituita da staffe Ø8-10 passo 19-21 cm.

Pacometria P3 – Trave interna zona di ampliamento IN MEZZERIA

Vengono in gran parte confermate le attese derivanti dalla similitudine con gli elaborati esecutivi della costruzione iniziale, in quanto l'esito della pacometrica riporta n. 1 corrente superiore Ø10-12 per parte nella faccia verticale (la prova durometrica D4 conferma la presenza di un ferro corrente Ø12), n. 4 correnti inferiori Ø20-22 ed un corrente intermedio Ø10-12. La staffatura di mezzeria risulta essere composta da staffe Ø8-10 passo 19-28 cm (la prova durometrica D5 conferma la presenza di staffe Ø8).

Pacometria P5 – Trave interna zona di ampliamento NEI PRESSI DELL'APPOGGIO

Vengono in gran parte confermate le attese derivanti dalla similitudine con gli elaborati esecutivi della costruzione iniziale, in quanto l'esito della pacometrica riporta n. 1 corrente superiore Ø12-14 per parte nella faccia verticale, n. 1 correnti inferiori Ø16-18 nella faccia laterale verticale, una staffatura costituita da barre Ø8-10 passo 8-9 cm per i primi 20 cm dall'appoggio, con aumento del passo a 10-12 cm sino a circa 1 m

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

dall'appoggio (fine della zona ad anima piena ed inizio della svasatura), un ulteriore aumento del passo a 30-31 cm alla distanza di oltre 1 metro dall'appoggio. Si è inoltre rilevata la presenza di n. 3 barre diagonali Ø16 con passo di 20 cm con apice superiore della prima barra posto a 40 cm dall'appoggio

Pacometria P13 – Trave interna costruzione iniziale IN MEZZERIA

Vengono in gran parte confermate le attese derivanti dalla similitudine con gli elaborati esecutivi della costruzione iniziale, in quanto l'esito della pacometrica riporta n. 1 corrente superiore Ø12-14 per parte nella faccia verticale, n. 4 correnti inferiori Ø16-18 ed un corrente intermedio Ø14-16. La staffatura rilevata consiste in staffe Ø8-10 passo 28-31 mm. Considerando che lo strumento fatica a rilevare il diametro delle barre al crescere del copriferro ed in presenza di elementi molto ravvicinati, si ritiene che l'indagine pacometrica confermi la configurazione di progetto della armatura delle travi.

Pacometria P14 – Trave interna costruzione iniziale IN MEZZERIA

Vengono in gran parte confermate le attese derivanti dalla similitudine con gli elaborati esecutivi della costruzione iniziale, in quanto l'esito della pacometrica riporta n. 1 corrente superiore Ø10-12 per parte nella faccia verticale, n. 4 correnti inferiori Ø14-16 ed un corrente intermedio Ø12-14. La staffatura rilevata consiste in staffe Ø6-8 passo 29-30 mm. Considerando che lo strumento fatica a rilevare il diametro delle barre al crescere del copriferro ed in presenza di elementi molto ravvicinati, si ritiene che l'indagine pacometrica confermi la configurazione di progetto della armatura delle travi.

Pacometrie P4a e 4b – Tegolo zona di ampliamento

Per i tegoli a tre nervature della zona di ampliamento l'indagine pacometrica rileva la presenza di un corrente inferiore Ø10-12 nelle nervature (confermato come Ø12 dalla prova durometrica D1) ed un corrente mediano Ø14-16, staffe Ø4-6 con passo 14-16 cm, mentre l'armatura di soletta rilevata consiste in una rete metallica Ø6-8 con passo 14-17 cm (ridefinita rete a maglia di ferri lisci Ø4 in esito alle prove durometriche D2 e D3).

Pacometrie P12 e P15 – Tegolo costruzione iniziale

Si confermano le attese in quanto le indagini pacometriche rilevano la presenza di un corrente inferiore Ø10-12 nelle nervature con un secondo corrente affiancato al primo nella nervatura, staffe Ø6-8 con passo 17-19 cm, mentre l'armatura di soletta rilevata consiste in una rete metallica Ø6-8 con passo 17-19 cm.

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

Prove durometriche

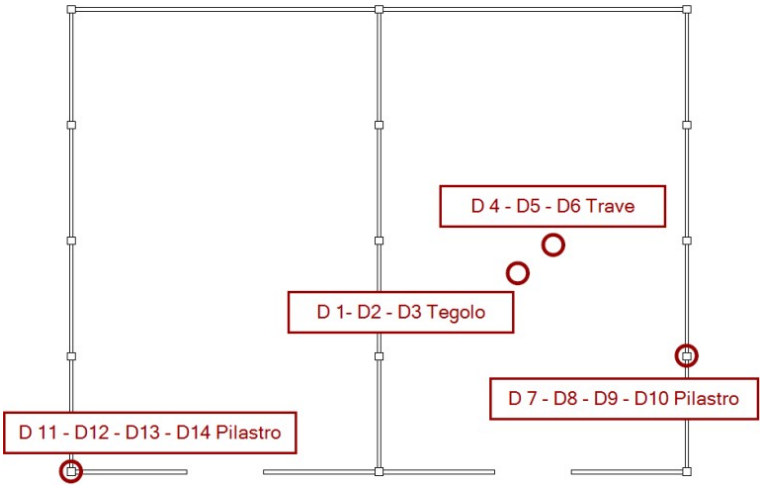


Figura 7: Schema planimetrico delle prove durometriche.

I risultati delle prove durometriche si riepilogano dividendoli in due parti, le prove svolte su barre di diametro superiore a 10 mm, che si ritengono significative, e le prove su barre di diametro inferiore a 10 mm che, vista la scarsa dimensione della superficie su cui poggiare la punta del sensore, difficilmente consentono un risultato accurato.

<u>Prove su barre di diametro superiore a 10 mm</u>		
Prova D1 – Tegolo zona di ampliamento	Barra Ø12	R = 450,00 MPa
Prova D4 – Trave zona di ampliamento	Corrente superiore Ø12	R = 560,00 MPa
Prova D10 – Pilastro esterno zona di ampliamento	Corrente Ø20	R = 630,00 MPa
Prova D11 – Pilastro esterno costruzione iniziale	Corrente Ø18	R = 550,00 MPa
Prova D12 – Pilastro esterno costruzione iniziale	Corrente Ø16	R = 520,00 MPa
<u>Prove su barre di diametro inferiore a 10 mm</u>		
Prova D2 – Tegolo zona di ampliamento	Rete metallica liscia ferro Ø4	R = 360,00 MPa
Prova D3 – Tegolo zona di ampliamento	Rete metallica liscia ferro Ø4	R < 330,00 MPa
Prova D5 – Trave zona di ampliamento	Staffa Ø8	R = 510,00 MPa
Prova D6 – Trave zona di ampliamento	Corrente intermedio Ø6	R = 440,00 MPa
Prova D7 – Pilastro esterno zona di ampliamento	Staffa Ø8	R < 330,00 MPa
Prova D8 – Pilastro esterno zona di ampliamento	Staffa Ø8	R = 340,00 MPa
Prova D9 – Pilastro esterno zona di ampliamento	Staffa Ø8	R < 330,00 MPa
Prova D13 – Pilastro esterno costruzione iniziale	Staffa Ø6	R = 340,00 MPa
Prova D14 – Pilastro esterno costruzione iniziale	Staffa Ø6	R = 400,00 MPa

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

Prelievo ferri d'armatura e prove di trazione

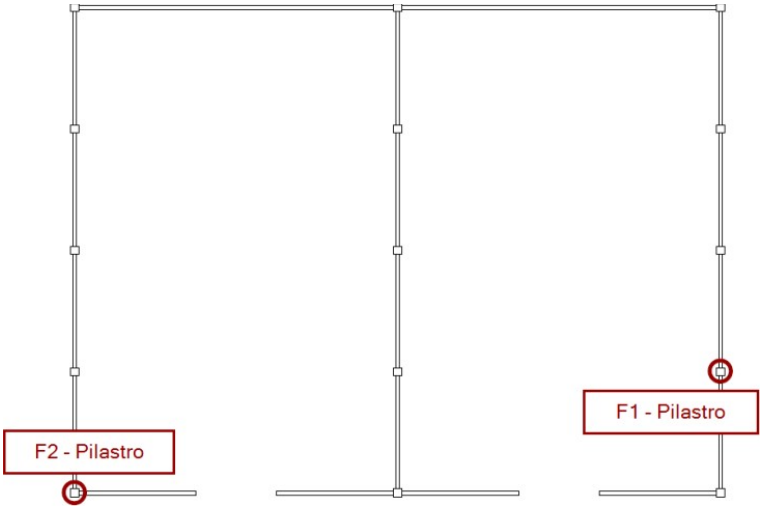


Illustrazione 6: Schema planimetrico del prelievo di barre d'armatura.

Esito delle prove a trazione sulle barre prelevate

Provino F1 – pilastro zona di ampliamento
Barra Ø20 f_y = 497 MPa f_t = 768 MPa A_{gt} = 14,5 f_t/f_y = 1,55

Provino F2 – pilastro costruzione iniziale
Barra Ø16 f_y = 460 MPa f_t = 712 MPa A_{gt} = 13,0 f_t/f_y = 1,55

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

Caratterizzazione geometrica degli elementi strutturali

In esito ai rilievi ed indagini sopra citate si riepilogano di seguito le caratteristiche geometriche e costruttive degli elementi strutturali esistenti.

Plinti di fondazione

Contrariamente alle previsioni di cui al progetto originale agli atti dell'ex-Genio Civile, i plinti di fondazione sono tutti risultati essere gettati in opera, a base rettangolare ed altezza a sezione costante (parallelepipedi).

I plinti, tutti di altezza pari a 90 cm, con quota di spiccato a -1,2 m dal piano finito interno, hanno base di 160x180 cm per la zona di ampliamento e di 130x150 cm per la costruzione iniziale (pilstri interni e pilastri esterni). Il lato maggiore della base dei plinti è sempre parallelo alle pilastrate.

Le armature dei plinti sono costituite da staffoni verticali in ambo le direzioni, com passo indicativo di 30 cm e diametro variabile Ø16-20, legati con staffoni orizzontali di diametro ridotto Ø8-10.

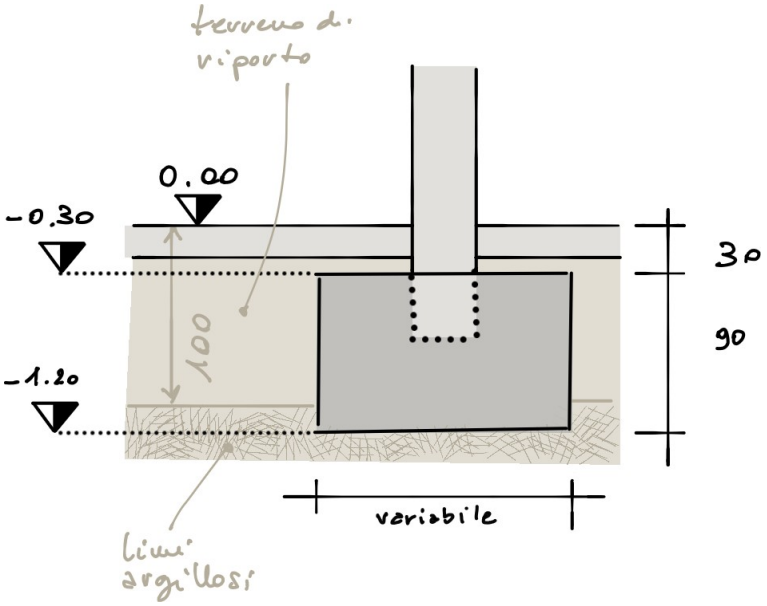


Illustrazione 7: Schema geometrico in esito al rilievo dei plinti di fondazione.

Travi portamuro

In esito ai rilievi e saggi con demolizione per le travi porta-muro si assume una sezione rettangolare costante di 50x50 cm, armatura costituita da ferri Ø16 posti agli angoli e staffe Ø8 passo 30 cm.

Per le travi portamuro, interamente caricate dai muri di tamponamento, le analisi risultano significative unicamente per gli aspetti di capacità portante del terreno.

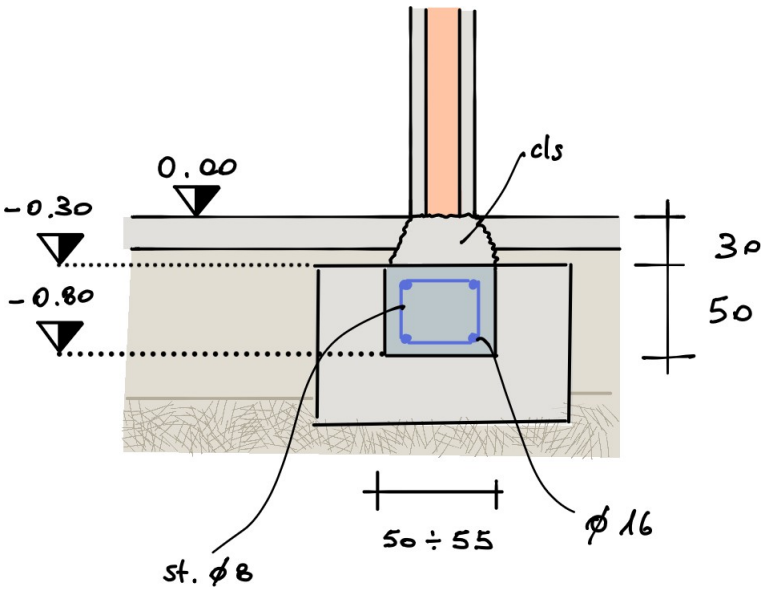


Illustrazione 8: Schema geometrico in esito al rilievo delle travi porta-muro.

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

Murature di tamponamento

In esito al rilievo geometrico-strutturale i muri perimetrali ed interni di tamponamento, in muratura di laterizi semipieni e malta di cemento, presentano diversi spessori che vengono riassunti nella figura seguente.

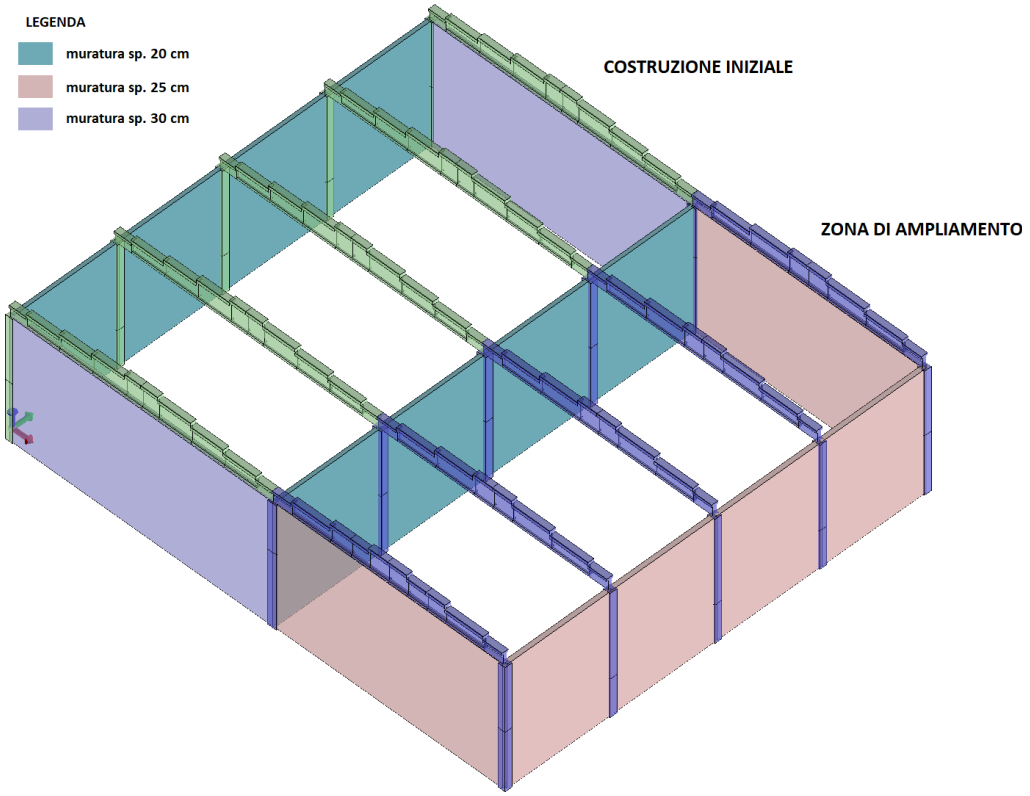


Illustrazione 9: Rappresentazione dello spessore dei muri di tamponamento interni e perimetrali esistenti.

Pilastri

In esito ai rilievi ed alle indagini svolte, per i pilastri si assumono le seguenti caratteristiche geometriche e disposizione delle armature per la sezione alla base.

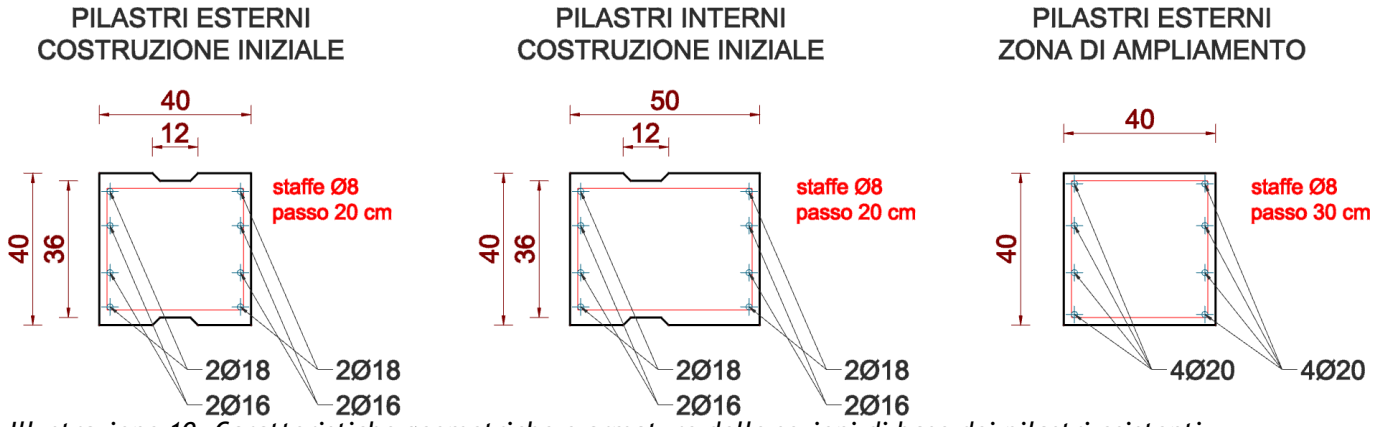


Illustrazione 10: Caratteristiche geometriche e armature delle sezioni di base dei pilastri esistenti.

Come da elaborati di progetto originale relativi alla costruzione iniziale, si assume che le armature d'angolo proseguano per tutta l'altezza del pilastro mentre le armature aggiuntive laterali si fermino alla quota delle mensole esistenti, e quindi ad una altezza di 125 cm inferiore rispetto alla quota di appoggio delle travi.

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

Travi principali

Per le travi principali della costruzione iniziale si confermano geometria ed armature come da progetto originale agli atti dell'ex-Genio Civile.

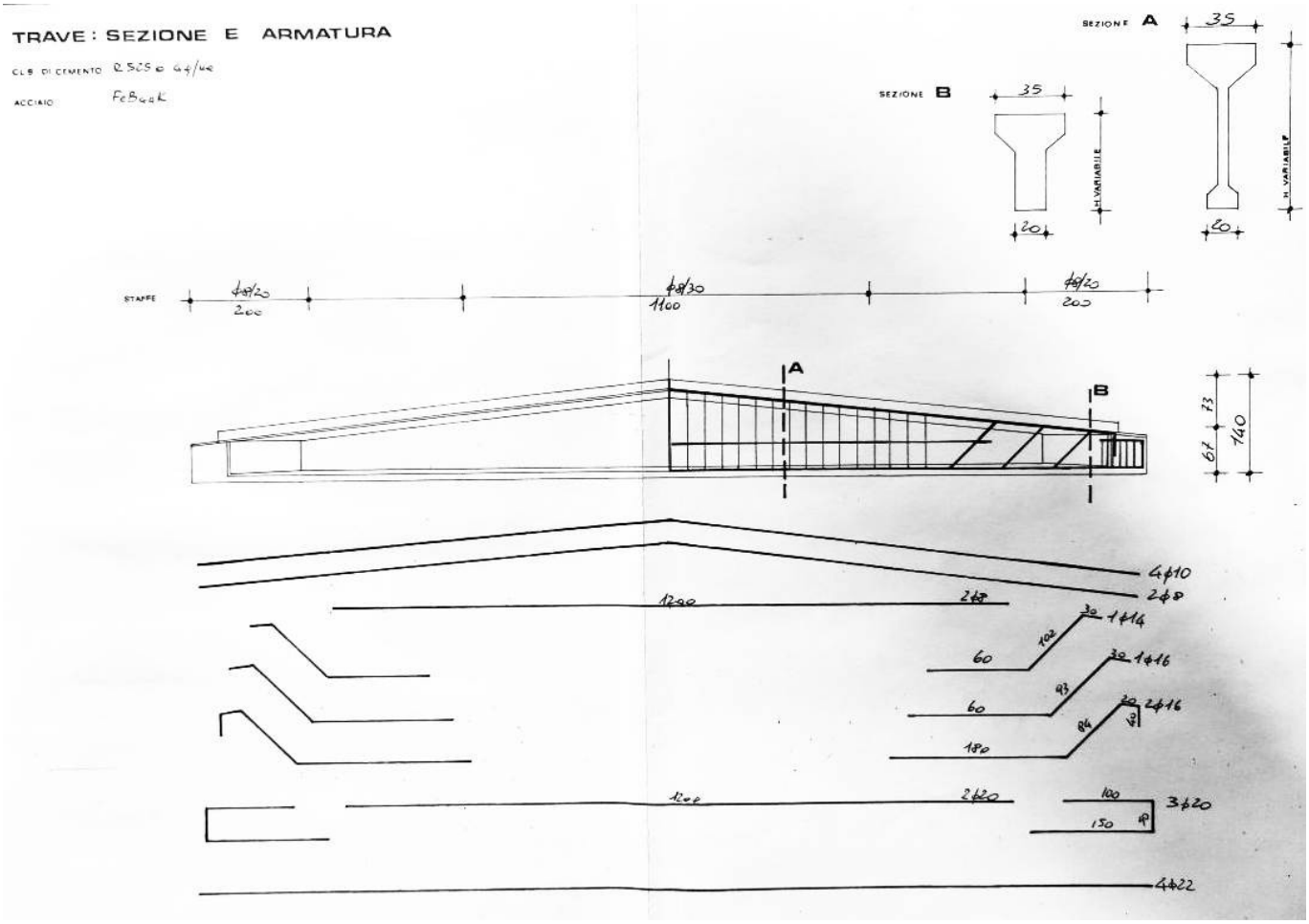


Figura 8: Stralcio della pratica n. 4568/1980 - Armatura delle travi.

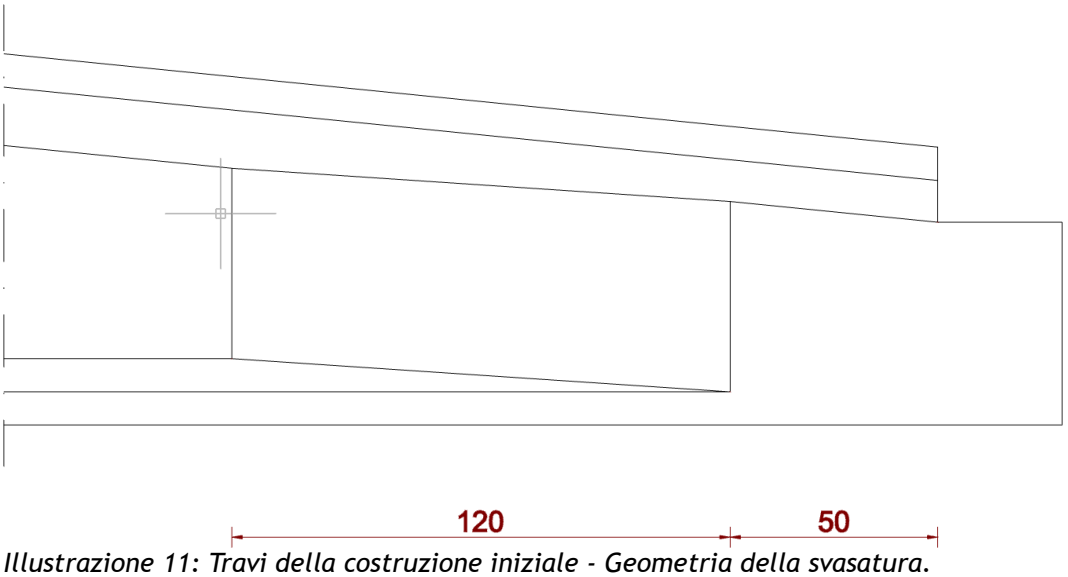


Illustrazione 11: Travi della costruzione iniziale - Geometria della svasatura.

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

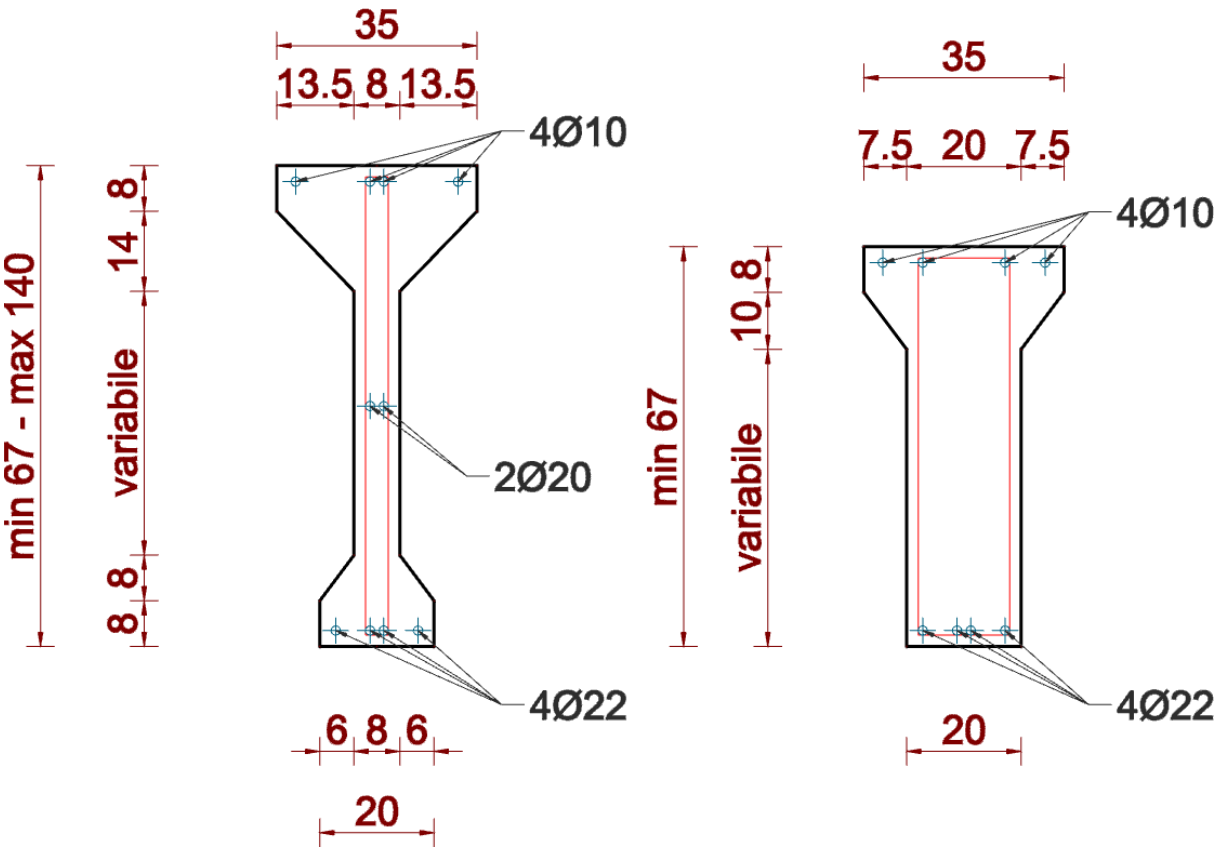


Illustrazione 12: Travi della costruzione iniziale - Schema delle sezioni e delle armature.

Per le travi principali della zona in ampliamento si adottano le seguenti caratteristiche geometriche ed armature.

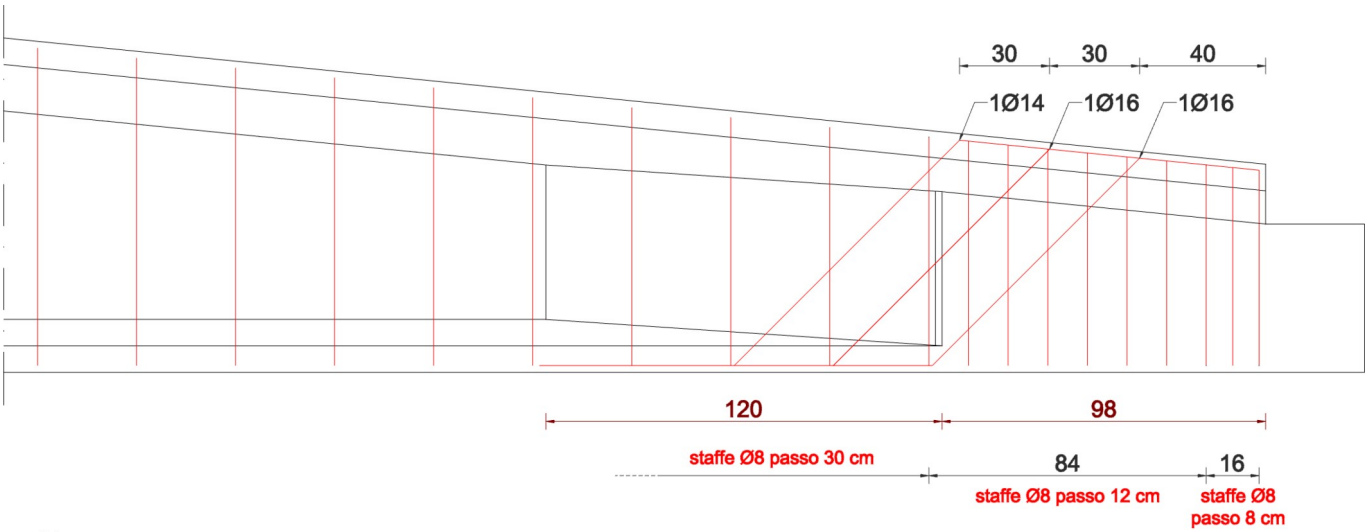


Illustrazione 13: Travi della zona di ampliamento - Geometria della svasatura e configurazione delle staffe e dei ferri piegati.

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

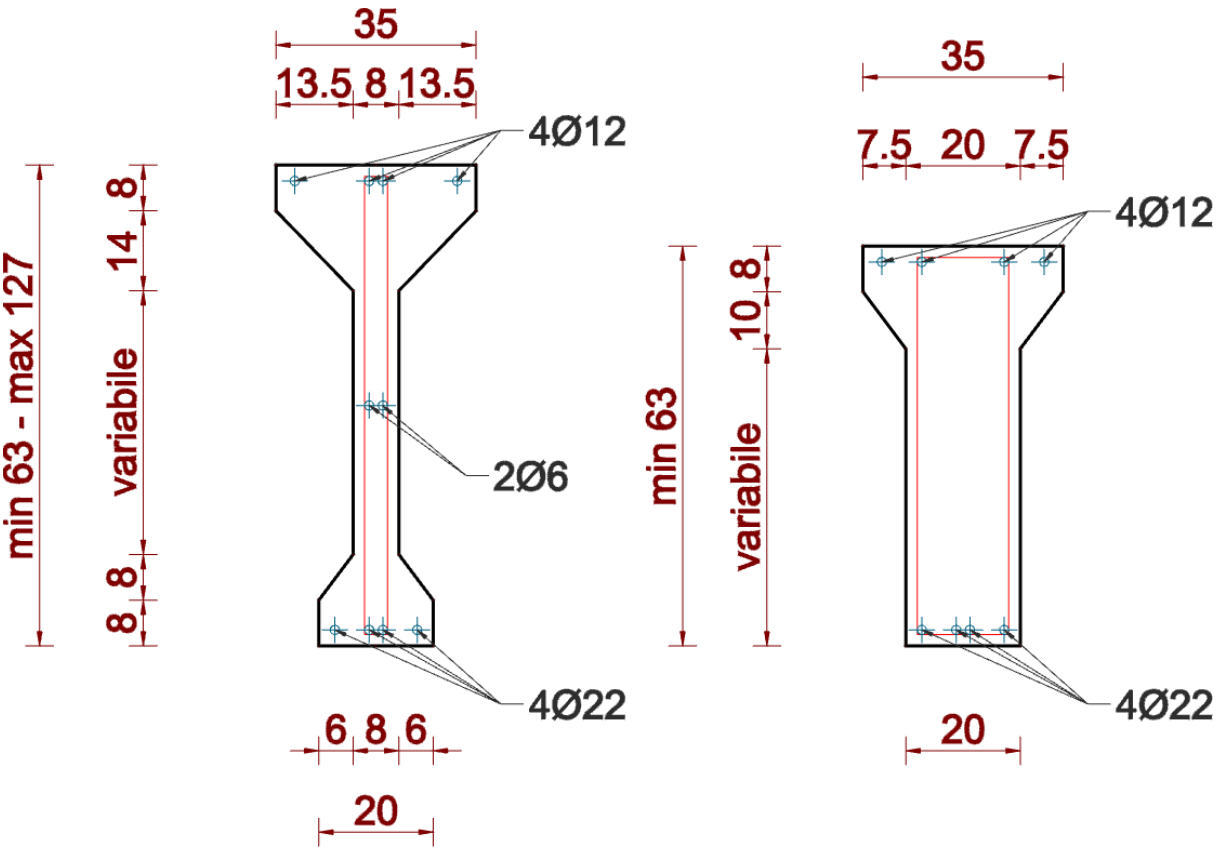


Illustrazione 14: Travi della zona di ampliamento - Schema delle sezioni e delle armature.

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 costruzione iniziale

Le caratteristiche geometriche e le armature dei tegoli della costruzione iniziale vengono confermate come da elaborati del progetto originale di cui, nella illustrazione seguente, si riporta uno stralcio.

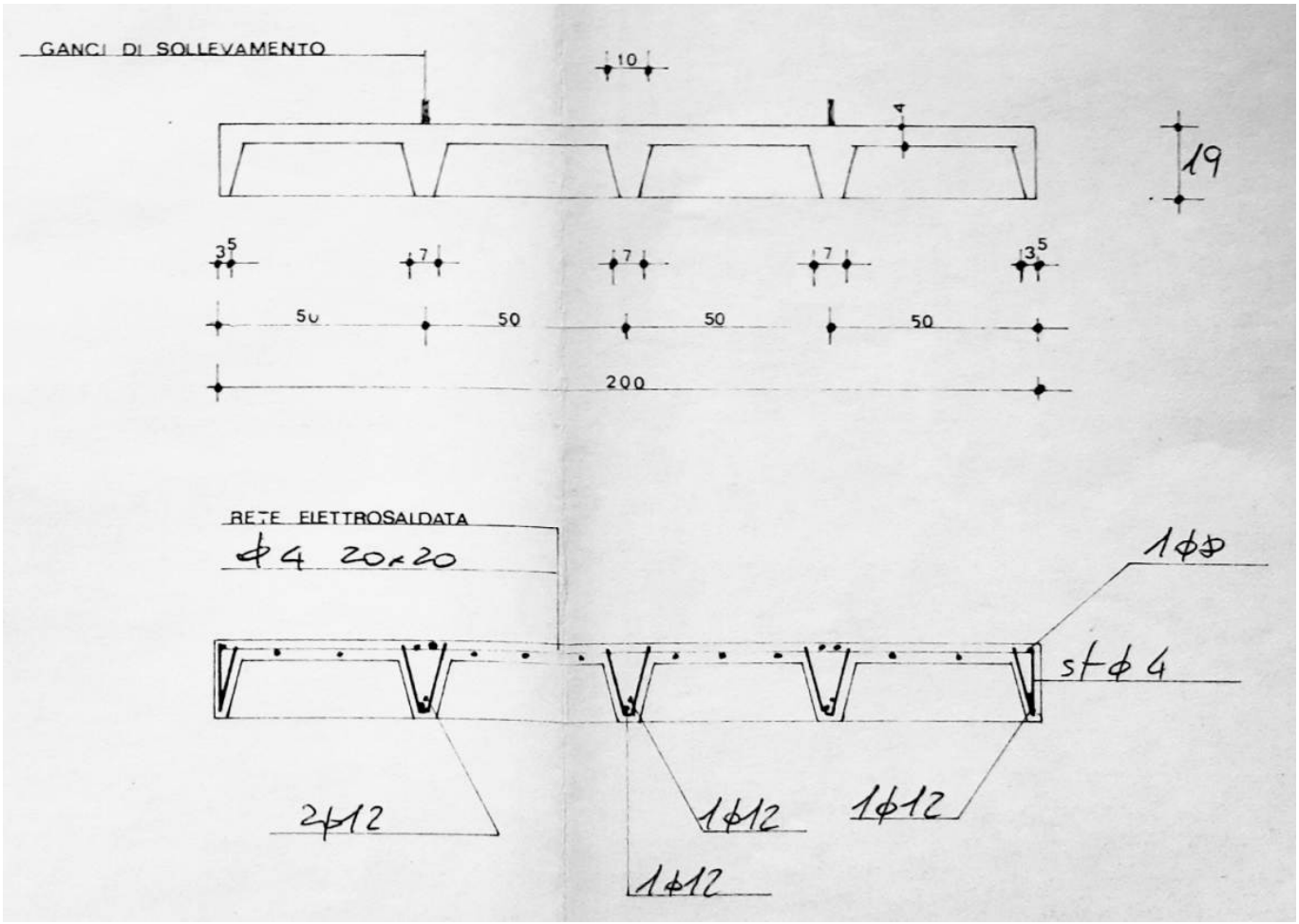


Illustrazione 15: Stralcio della pratica n. 4568/1980 - Caratteristiche dimensionali ed armatura dei tegoli.

Tegoli di copertura della zona di ampliamento

Le caratteristiche geometriche e le armature dei tegoli della zona di ampliamento sono riportate nella seguente illustrazione.

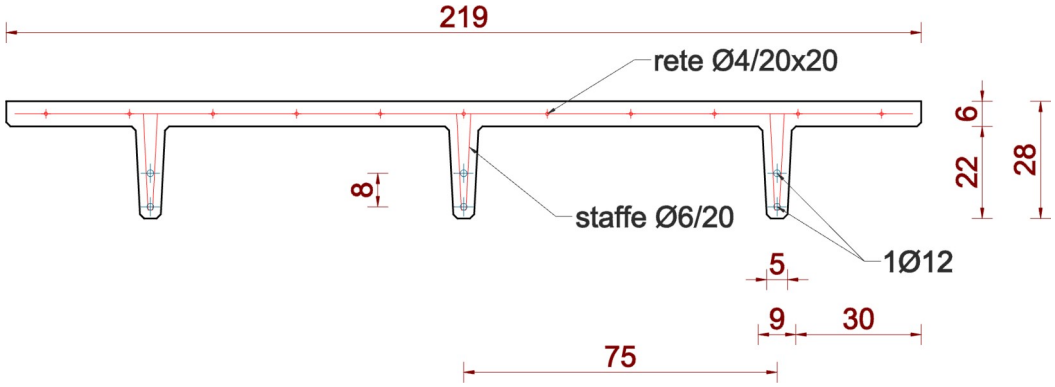


Illustrazione 16: Caratteristiche geometriche e armature dei tegoli di copertura della zona di ampliamento.

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.

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

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"**;

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.

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

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

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 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

Condizioni d'uso e livelli di sicurezza della costruzione

Vita nominale, classe d'uso della costruzione e stati limite indagati

Con riferimento alla tabella 2.4.I delle NTC 2018, la Vita nominale V_N per le strutture oggetto del presente intervento viene posta pari a 100 anni, in quanto costruzioni di tipo 3 - "costruzioni con livelli di prestazioni elevati".

Con riferimento al paragrafo 2.4.2 delle NTC 2018, le strutture vengono considerate classificate nella seguente classe d'uso:
Classe IV: "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità...", quindi con riferimento alla tabella 2.4.II delle NTC 2018, il coefficiente d'uso CU della a costruzione di cui alla presente relazione è posto pari a 2,0.

Per quanto sopra il periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \cdot C_U = 200$ anni.

Le opere e le componenti strutturali vengono progettate in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018 (in seguito NTC 2018).

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale. Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

Sia per la struttura nuova interna in acciaio che per la struttura esistente in c.a., considerato che l'edificio nel suo insieme ha Classe d'Uso IV, le opere strutturali oggetto del presente intervento vengono analizzate e verificate ai fini del rispetto del requisito di sicurezza nei confronti:

- degli stati limite ultimi (SLU), ovvero la capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
- degli stati limite di esercizio (SLE), ovvero la capacità di evitare danneggiamenti locali, spostamenti e deformazioni che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto o che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari.

In particolare, con riferimento all'azione sismica, viene prescritto:
- il rispetto dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV), nel quale 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 perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali, ma 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;
- il rispetto dello stato limite di danno (SLD), nel quale 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 immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Le verifiche di interazione opera-terreno verranno effettuate secondo l'Approccio 2, Combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

La nuova struttura in acciaio verrà progettata come struttura NON DISSIPATIVA.

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

Azioni sulla struttura

Ai fini delle verifiche di sicurezza le azioni che vengono considerate si riassumono in:

- azioni permanenti dovute ai pesi propri degli elementi strutturali e degli elementi non strutturali, per la stima dei quali si è provveduto al rilievo dello stato dei luoghi ed all'esame della documentazione agli atti;
- nella falda sud-ovest della costruzione iniziale è stato installato un impianto fotovoltaico, che viene computato come elemento non strutturale per il quale occorre considerare il peso proprio.

- azioni variabili:
  - le coperture della struttura esistente in c.a. vengono considerate praticabili per la sola manutenzione (azione variabile di categoria H1, che viene trascurata in quanto non sensibilmente rilevante in relazione alle altre azioni variabili presenti, con particolare riferimento alle azioni della neve);
  - la copertura della nuova struttura interna in acciaio viene considerata praticabile e, in futuro, utilizzabile eventualmente anche come deposito materialie attrezzature,quindi viene considerato un carico massimo di esercizio, oltre al peso proprio degli elementi non strutturali, di *"Categoria E - Depositi e magazzini"*, pari a 3 kN/mq.
  - azioni della neve (solo sulla costruzione esistente);
  - azioni del vento (solo sulla costruzione esistente);
  - azione sismica.

Occorre specificare che, ai sensi del cap. 8.5.5. delle NTC 2018 e considerato l'accurato livello di rilievo svolto, i coefficienti parziali γ_G relativi ai carichi permanenti degli elementi strutturali esistenti vengono assunti pari a 1,1 anziché 1,3.

I pannelli murari di tamponamento gravano, ai fini statici, sulle loro opere di fondazione (travi porta-muro) mentre ai fini sismici la loro massa viene in parte (50%) contenuta dalle travi (travi principali e travi di gronda).

La massa per unità di superficie competente ai pannelli murari di tamponamento viene calcolata moltiplicando lo spessore dei pannelli murari per il loro spessore.

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

Azione sismica

In esito alla microzonazione sismica di III livello svolta per il sito in esame, si riepilogano di seguito i parametri dell'azione sismica utilizzati per le analisi globali e locali delle strutture oggetto del presente intervento.

Ubicazione del sito

Longitudine: 10.138611 Latitudine: 44.767140

Tipo di interpolazione: Media ponderata ([3] in §All. A) Superficie rigata [§CA]

Tab. 2, All. B: Sito non in Tab. 2

Reticolo intorno al sito

Pericolosità sismica di base

T,R (anni)	a,g (g)	F,o	T,C* (sec)
30	0.050	2.447	0.237
50	0.062	2.467	0.254
72	0.074	2.455	0.260
101	0.085	2.455	0.265
140	0.097	2.439	0.270
201	0.113	2.455	0.270
475	0.155	2.462	0.280
975	0.196	2.477	0.290
2475	0.256	2.515	0.300

Risposta sismica locale

Approccio semplificato secondo Normativa — **Approccio rigoroso con Analisi RSL**

Categoria di sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Quota sito/Altezza rilievo: 0.000 [0≤(h/H)≤1]

Amplificazione topografica S_T: 1.000 (§3.2.3.2.1: S_T = 1.000)

T,R (anni)	Orizzontale			Verticale		
	a,max (g)	F,o	T,C (sec)	a,max (g)	F,v	T,C (sec)
30	0.060	2.447	0.348	0.050	0.739	0.150
50	0.074	2.467	0.368	0.062	0.829	0.150
72	0.089	2.455	0.374	0.074	0.902	0.150
101	0.102	2.455	0.380	0.085	0.966	0.150
140	0.116	2.439	0.386	0.097	1.025	0.150
201	0.136	2.455	0.386	0.113	1.114	0.150
475	0.186	2.462	0.397	0.155	1.309	0.150
975	0.235	2.477	0.409	0.196	1.480	0.150
2475	0.292	2.515	0.420	0.256	1.718	0.150

T,R (anni)	Orizzontale			Verticale		
	a,max (g)	F,o	T,C (sec)	a,max (g)	F,v	T,C (sec)
1898	0.360	2.295	0.266			

Vita nominale, Classe d'uso, Stati limite

Vita nominale (anni): V_N = 100

Classe d'uso: Classe IV: funzioni strategiche

Coefficiente d'uso: C_U = **2.0**

Periodo di riferimento per l'azione sismica (anni): $V_R = V_N * C_U$ = **200**

Probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R (Tab. 3.2.I)
Tempo di ritorno $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$

Stati Limite	P,VR (%)	T,R (anni)
SLO	81	120
SLD	63	201
SLV	10	1898
SLC	5	2475

Parametri di Spettro

Approccio semplificato secondo Normativa:

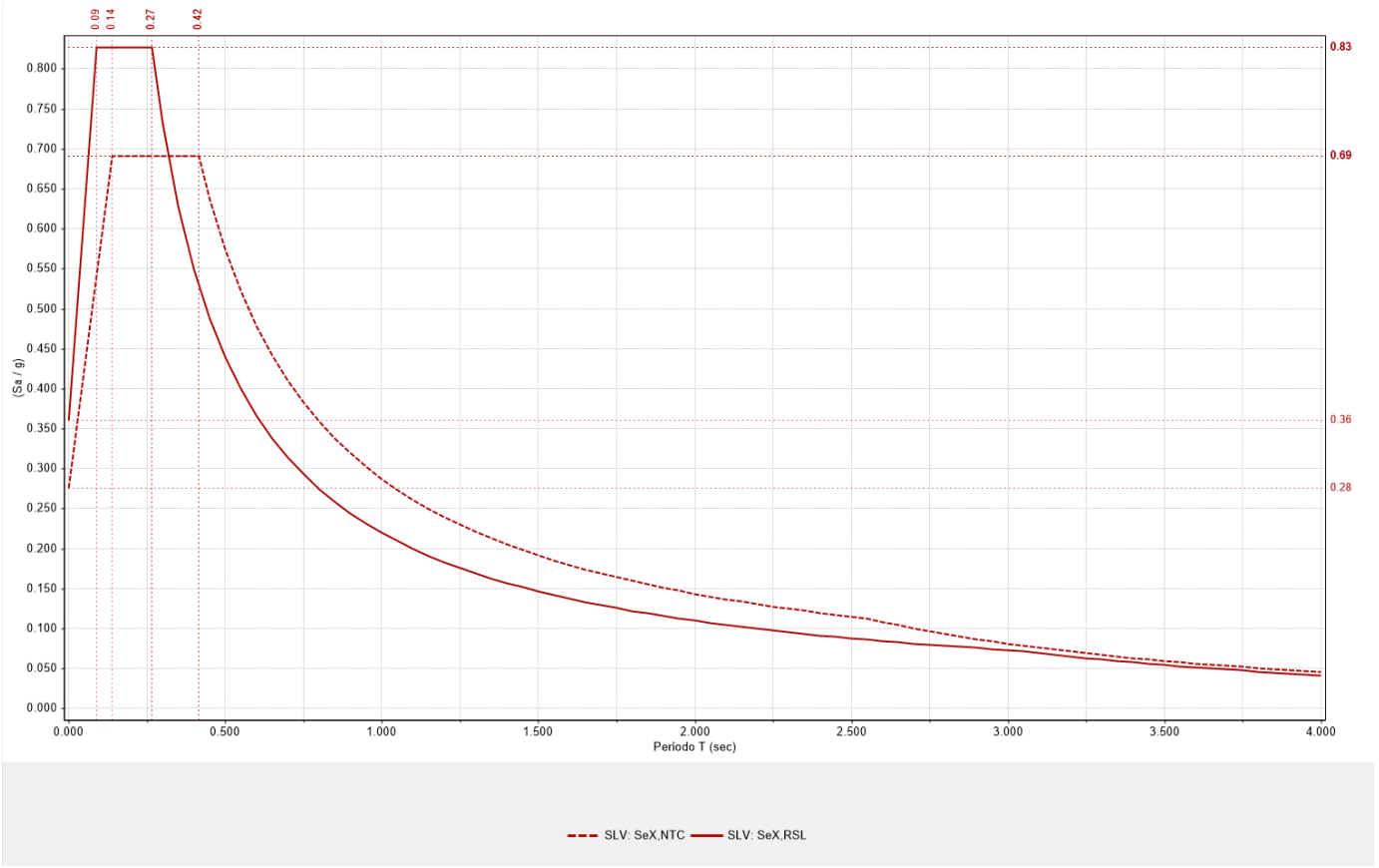
Stati Limite	T,R (anni)	Orizzontale							Verticale					
		a,g (g)	S,S	S	F,o	T,B (sec)	T,C (sec)	T,D (sec)	a,g (g)	S	F,v	T,B (sec)	T,C (sec)	T,D (sec)
SLO	120	0.091	1.200	1.200	2.447	0.128	0.384	1.964	0.091	1.000	0.997	0.050	0.150	1.000
SLD	201	0.113	1.200	1.200	2.455	0.129	0.386	2.052	0.113	1.000	1.114	0.050	0.150	1.000
SLV	1898	0.237	1.163	1.163	2.504	0.139	0.416	2.548	0.237	1.000	1.646	0.050	0.150	1.000
SLC	2475	0.256	1.142	1.142	2.515	0.140	0.420	2.624	0.256	1.000	1.718	0.050	0.150	1.000

Approccio rigoroso con Analisi RSL:

Stati Limite	T,R (anni)	Orizzontale				
		a,max (g)	F,o	T,B (sec)	T,C (sec)	T,D (sec)
SLO	120	0.143	2.243	0.082	0.246	2.171
SLD	201	0.177	2.250	0.082	0.247	2.308
SLV	1898	0.360	2.295	0.089	0.266	3.040
SLC	2475	0.382	2.305	0.090	0.269	3.127

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



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

Azioni della neve

Per le coperture a due falde occorre considerare le condizioni di carico definite dalla CIRCOLARE 7/2019 e riassunte nella seguente figura:

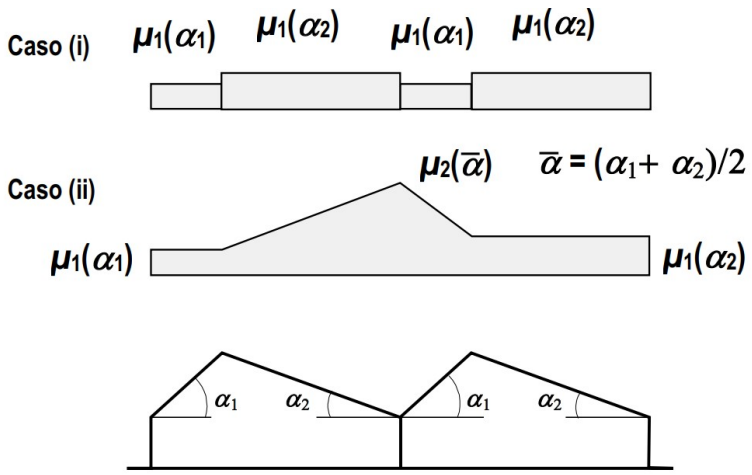


Figura C3.4.3 - *Coefficiente di forma per il carico neve – Coperture a più falde*

Zona		I – Mediterranea	I – Alpina	I – Mediterranea	II	III
q_{sk0}	*(KN/mq)*	1,5	1,5	1,5	1	0,6
n			1,39	1,35	0,85	0,51
m			728	602	481	481
a_s	*(m) s.l.m.*	146				
q_{sk}	*(KN/mq)*	1,5	1,5	1,5	1	0,6

		Falde
C_e		1
C_t		1
α	*(°)*	6
μ_i		0,8
q_s	*(KN/mq)*	1,2

$\mu_2 = 0{,}8 + 0{,}8\ \bar{\alpha}/30 = 0{,}96$

da cui

$q_{s,2} = 1{,}44\ kN/m^2$

che verrà applicata sui singoli tegoli delle falde interne ridistribuita come carico lineare a seconda del posizionamento dei diversi tegoli nella falda.

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

Azioni del vento

Per le azioni del vento occorre fare riferimento al seguente schema:

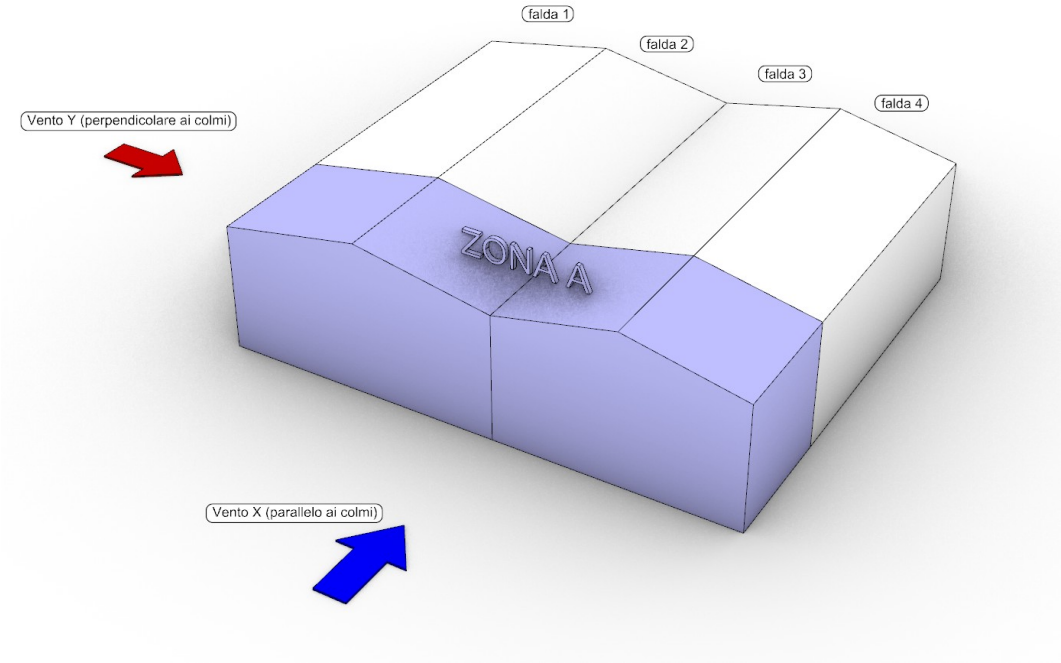


Illustrazione 17: Schema per l'analisi e l'applicazione delle azioni del vento sulla struttura esistente.

Regione		**(2) Emilia Romagna**
Zona		2
a_s	*m s.l.m.*	136
v_{b0}	*m/s*	25
a_0	*m s.l.m.*	750
k_a		0,450
Ca		1
v_b	*m/s*	25
TR	*anni*	50
c_r		1,00
v_r	*m/s*	25,02
q_r	*N/mq*	390,63
c_t		1
Classe di rugosità del terreno		C
Categoria di esposizione		III
z	*m*	8,4
k_r		0,20
z_0	*m*	0,10
z_{min}	*m*	5
c_e		2,03
c_d		1
$p' = q_r\, c_e\, c_d$	*N/mq*	791,37

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

		VENTO ±X	***VENTO ±Y***
b	*m*		24,00
d	*m*	24,00	28,60
h (par. C3.3.8.1.1.1)	*m*	8,40	8,40
h/d	-	0,3500	0,2937
C_u	-	2,0	2,0
α	°	6,07	6,07
B/2	*m*		
min(b/2;h)	*m*		

PRESSIONI ESTERNE

Tabella C3.3.I – Edifici a pianta rettangolare		
cpe faccia sopravento	0,7350	0,7294
cpe faccia sottovento	-0,7800	-0,7350
cpe facce laterali	-0,3700	-0,3587
Tabella C3.3.V – Copertura a semplice falda (prima falda delle coperture multiple) – Vento perpendicolare alla direzione del colmo		
cpe di massima sovrapressione (valori positivi)	0,0809	
cpe di massima depressione (valori negativi)	-0,7191	
Tabella C.3.3.IX – Copertura a doppia falda – Vento perpendicolare alla direzione del colmo		
cpe per la seconda falda (pendenza negativa)	-0,6000	
Figura C3.3.18 – Suddivisione delle coperture a falda multipla		
cpe per la seconda e la terza falda	-0,6000	
cpe per la quarta falda e le successive	-0,3600	
Tabella C.3.3.X – Copertura a doppia falda – Vento parallelo alla direzione del colmo		
Zona A = min {b/2; h}	8,40	8,40
cpe zona A		-0,8405
cpe restanti zone		-0,5393

PRESSIONI INTERNE

Caso 3		
cpi di massima sovrapressione	0,2000	0,2000
cpi di massima depressione	-0,3000	-0,3000

Cpe nelle COMBINAZIONI DELLE CONDIZIONI PIU' GRAVOSE

VENTO ±X (perpendicolare alla direzione dei colmi)

Condizione di massima sovrapressione	
Faccia sopravento	0,5350
Faccia sottovento	-0,9800
Facce laterali	-0,5700
Falda 1 con cpe di massima depressione (massimizzazione va	-0,9191
Falda 2	-0,8000
Falda 3	-0,8000
Falda 4	-0,5600
Condizione di massima depressione	
Faccia sopravento	1,0350
Faccia sottovento	-0,4800
Facce laterali	-0,0700
Falda 1 con cpe di massima sovrapressione (massimizzazione	0,3809
Falda 2	-0,3000
Falda 3	-0,3000
Falda 4	-0,0600

VENTO ±Y (parallelo alla direzione dei colmi)

Condizione di massima sovrapressione	
Faccia sopravento	0,5294
Faccia sottovento	-0,9350
Facce laterali	-0,5587
Falde zona A	-1,0405
Falde restanti zone	-0,7393
Condizione di massima depressione	
Faccia sopravento	1,0294
Faccia sottovento	-0,4350
Facce laterali	-0,0587
Falde zona A	-0,5405
Falde restanti zone	-0,2393

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

CARICO DEL VENTO NELLE COMBINAZIONI DELLE CONDIZIONI PIU' GRAVOSE (q' = p' · cpe) [kN/mq]			**Tegoli 189 cm [kN/m]**	**Tegoli 220 cm [kN/m]**
VENTO ±X (perpendicolare alla direzione dei colmi)				
Condizione di massima sovrapressione				
Faccia sopravento	0,4234			
Faccia sottovento	-0,7755			
Facce laterali	-0,4511			
Falda 1 con cpe di massima depressione (massimizzazione va	-0,7273		-1,3746	-1,6001
Falda 2	-0,6331		-1,1966	-1,3928
Falda 3	-0,6331		-1,1966	-1,3928
Falda 4	-0,4432		-0,8376	-0,9750
Condizione di massima depressione				
Faccia sopravento	0,8191			
Faccia sottovento	-0,3799			
Facce laterali	-0,0554			
Falda 1 con cpe di massima sovrapressione (massimizzazione	0,3015		0,5698	0,6632
Falda 2	-0,2374		-0,4487	-0,5223
Falda 3	-0,2374		-0,4487	-0,5223
Falda 4	-0,0475		-0,0897	-0,1045
VENTO ±Y (parallelo alla direzione dei colmi)				
Condizione di massima sovrapressione				
Faccia sopravento		0,4189		
Faccia sottovento		-0,7399		
Facce laterali		-0,4422		
Falde zona A		-0,8234	-1,5562	-1,8115
Falde restanti zone		-0,5851	-1,1058	-1,2871
Condizione di massima depressione				
Faccia sopravento		0,8146		
Faccia sottovento		-0,3442		
Facce laterali		-0,0465		
Falde zona A		-0,4277	-0,8084	-0,9410
Falde restanti zone		-0,1894	-0,3579	-0,4166

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

Azioni permanenti e di esercizio

I pesi propri degli elementi strutturali e non strutturali, nuovi ed esistenti, ed i carichi di esercizio applicati alle strutture vengono di seguito indicati.

Pacchetto di COPERTURA ESTERNA della zona di ampliamento (nuova PROTEZIONE CIVILE) e della costruzione iniziale senza impianto fotovoltaico	1				G1	G2	Q	
Copertura in lastre ondulate di fibrocemento		0,15	KN/mq			0,15		
Doppio manto di guaina impermeabilizzante		0,10	KN/mq			0,10		
Cat. H1 – Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione	=	0,50	KN/mq				0,50	
Carico della neve (al netto dell'eventuale accumulo)	=	1,20	KN/mq				1,20	
Peso unitario per superficie piana		**1,95**	KN/mq		**0,00**	**0,25**	**1,70**	KN/mq

Pacchetto di COPERTURA ESTERNA della costruzione iniziale con impianto fotovoltaico	2				G1	G2	Q	
Impianto fotovoltaico su struttura piana		0,50	KN/mq			0,40		
Copertura in lastre ondulate di fibrocemento		0,15	KN/mq			0,15		
Doppio manto di guaina impermeabilizzante		0,10	KN/mq			0,10		
Cat. H1 – Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione	=	0,50	KN/mq				0,50	
Carico della neve (al netto dell'eventuale accumulo)	=	1,20	KN/mq				1,20	
Peso unitario per superficie piana		**2,45**	KN/mq		**0,00**	**0,65**	**1,70**	KN/mq

Tutti i carichi di copertura verranno applicati ai tegoli, quindi verranno tradotti in carichi lineari uniformemente distribuiti considerando le seguenti larghezze delle aste corrispondenti ai tegoli di copertura:

tegoli costruzione iniziale L = 1,9 m
tegoli zona di ampliamento L = 2,2 m.

Per la nuova struttura interna in acciaio verranno considerati i seguenti carichi:

Pacchetto SOLAIO INTERNO nuovo – Soluzione A	3.A				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

Il carico di categoria E viene limitato a 3,00 kN/mq.

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

Illustrazione dei criteri di progetto e di modellazione

Metodo di analisi eseguito, criteri di analisi e di verifica, fattore di struttura

Nuova struttura interna in acciaio

Le opere sono state sottoposte alle verifiche previste dalle norme tecniche per le costruzioni vigenti (NTC2918) e già richiamate, ed hanno riguardato:

- le valutazioni circa l'interazione opera-terreno in termini di contenimento delle deformazioni differenziali e del contenimento delle pressioni di contatto entro i limiti di capacità portante del terreno;
- la progettazione e verifica degli elementi strutturali mediante modellazione con software agli elementi finiti e con verifiche manuali, che hanno riguardato le seguenti analisi:
  - analisi statica (non sismica);
  - analisi sismica dinamica lineare;
- la verifica al martellamento con l'unità strutturale in c.a. esistente.

Le opere di fondazione verranno verificate secondo l' Approccio 2.

La nuova struttura in acciaio verrà progettata come struttura NON DISSIPATIVA, pertanto il fattore di struttura viene calcolato come segue:

Calcolo dei fattori di comportamento secondo il D.M. 17/01/2018
La costruzione, nuova, è caratterizzata da regolarità sia in pianta sia in altezza ed è progettata considerando un comportamento non dissipativo (ND).
Parametri fattore in direzione x e y

Sistema costruttivo:	acciaio o composto acciaio-calcestruzzo	
Tipologia strutturale:	strutture a mensola o a pendolo inverso	
Valore base fattore	q_0 =	2.000
Fattore di regolarità	K_R =	1.0
Fattore dissipativo	$q_D = q_0 \cdot K_R$ =	2.000
Fattore non dissipativo	$q_{ND} = 2/3 \cdot q_D$ =	1.333 (≤1.5)

Fattori di comportamento utilizzati

	Dissipativi	Non dissipativi
q SLU x	2.000	1.333
q SLU y	2.000	1.333
q SLU z	1.500	1.500

Struttura esistente in conglomerato cementizio armato

Pur essendo la struttura un edificio esistente, considerata la Classe d'Uso IV le opere strutturali oggetto del presente intervento vengono analizzate e verificate ai fini del rispetto del requisito di sicurezza nei confronti sia degli stati limite ultimi (SLU/SLV) che degli stati limite di esercizio (SLE/SLD). Per questi ultimi, come previsto dalle NTC2018, si valuterà caso per caso la eventualità di prevedere richieste prestazionali inferiori rispetto alle strutture nuove.

Per le opere di fondazione si procederà comunque ad esplicitare gli esiti delle verifiche, che sono fondamentalmente positivi, anche se tali verifiche non rientrano negli obblighi progettuali ai sensi del capitolo 8.3 delle NTC2018 in quanto, per la costruzione in esame, non sussistono dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni né condizioni morfologiche sfavorevoli, e non è presente il rischio di attivazione del fenomeno della liquefazione.

Occorre specificare che, ai sensi del cap. 8.5.5. delle NTC 2018 e considerato l'accurato livello di rilievo svolto, i coefficienti parziali γ_G relativi ai carichi permanenti degli elementi strutturali esistenti vengono assunti pari a 1,1 anziché 1,3.

I pannelli murari di tamponamento gravano, ai fini statici, sulle loro opere di fondazione (travi porta-muro) mentre ai fini sismici la loro massa viene in parte (50%) contenuta dalle travi (travi principali e travi di gronda).

La massa per unità di superficie competente ai pannelli murari di tamponamento viene calcolata moltiplicando lo spessore dei pannelli murari per il loro spessore.

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

Le opere sono state sottoposte alle verifiche previste dalle norme tecniche per le costruzioni vigenti (NTC2918) e già richiamate, ed hanno riguardato:

- le valutazioni circa l'interazione opera-terreno in termini di contenimento delle deformazioni differenziali e del contenimento delle pressioni di contatto entro i limiti di capacità portante del terreno;
- la verifica dello stato di fatto, e la progettazione delle opere di rinforzo e collegamento, mediante modellazione con software agli elementi finiti e con verifiche manuali, che hanno riguardato le seguenti analisi:
  - analisi statica (non sismica), sia considerando la struttura fondata sulle proprie opere di fondazione puntuali (plinti) che la struttura completamente incastrata alla base dei pilastri;
  - analisi sismica dinamica lineare, considerando la struttura completamente incastrata alla base dei pilastri (in favore di sicurezza);
  - analisi delle sollecitazioni sismiche sui collegamenti, con analisi sismica dinamica lineare considerando la struttura completamente incastrata alla base, utilizzando il fattore di struttura q = 1;
  - analisi dei meccanismi locali di danno per lo stato di fatto e per lo stato di progetto mediante analisi dei principali cinematismi attivabili dal sisma nei pannelli di tamponamento in muratura. Per tali analisi la normativa prevede di porre il fattore di struttura q = 2.

Le opere di fondazione verranno verificate secondo l' Approccio 2.

Calcolo dei fattori di comportamento secondo il D.M. 17/01/2018
La costruzione, esistente, è caratterizzata da regolarità sia in pianta sia in altezza ed è progettata in classe di duttilità media (CD"B").
Parametri fattore in direzione x e y
Sistema costruttivo: calcestruzzo o acciaio
Fattore dissipativo q_D = 1.500
Fattori di comportamento utilizzati

	Dissipativi	Verifiche fragili
q SLU x	1.500	1.500
q SLU y	1.500	1.500
q SLU z	1.500	

Indicazione delle principali combinazioni delle azioni in relazione agli stati limite indagati

Dipendentemente dalle analisi e verifiche svolte, globali o locali, le combinazioni di carico utilizzate sono quelle prescritte dalla normativa NT2018:

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

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):
  $\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:
  $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:
  $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:
  $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:
  $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$ [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:
  $G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$ [2.5.6]

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$. [2.5.7]

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

applicate secondo i seguenti coefficienti di combinazione:

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

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

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

Come già evidenziato, occorre specificare che, ai sensi del cap. 8.5.5. delle NTC 2018 e considerato l'accurato livello di rilievo svolto, i coefficienti parziali γ_G relativi ai carichi permanenti degli elementi strutturali esistenti vengono assunti pari a 1,1 anziché 1,3.

Tab. 2.5.I – *Valori dei coefficienti di combinazione*

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Informazioni sul codice di calcolo

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

Titolo: Aedes PCM - Versione 2021.2.1.0 con moduli ECS, ACM
Produttore-Distributore: Aedes Software s.n.c. - Via Ferrante Aporti, 32 - 56028 San Miniato Basso (PI)
Dati utente finale: Ing. Alessandro Zaccarini
Licenza: 12177

Titolo: Prosap - Versione 21.9.1 PROFESSIONAL (build 2021-09-193)
Produttore-Distributore: 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l. - Via Garibaldi, 90 - 44121 Ferrara (FE)
Dati utente finale: Ing. Alessandro Zaccarini
Licenza: dsi4692

Titolo: FIXPERIENCE – Versione 2.85.460.9 - Database 2021.10.25.12.40
Distributore: Fischer Italia S.r.l. unipersonale - Corso Stati Uniti, 25 - 35127 Padova
Dati utente finale: Ing. Alessandro Zaccarini
Licenza: eefe7fa7-df53-03bc-9ff4-ab01c7ba7b88

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dai produttore e distributori

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

dei software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità:

- le funzioni di controllo disponibili nei software di calcolo, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate;
- tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste dal software ed attraverso controllo visivo;
- il programma di calcolo prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione quali ad es. labilità, difformità tra gli elementi strutturali inseriti e le idonee definizioni dei parametri e criteri progettuali, pertanto sono state sfruttate codeste funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione;
- per parte degli elementi strutturali è stato accertato che le risultanti delle azioni sono in equilibrio con le reazioni ai nodi e che le sollecitazioni negli elementi strutturali sono conformi a quanto atteso tramite il confronto con calcoli semplici effettuati con metodi tradizionali;
- sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni, e la rispondenza tra i risultati attesi e i risultati esposti dalle elaborazioni grafiche e numeriche del software di calcolo;
- in particolare si è provveduto alla stima di massima del peso complessivo delle strutture (G1 + G2 + Qsis) con calcolo manuale, il quale risulta congruo e confrontabile con quanto calcolato dai software di calcolo. Per l'unità strutturale esistente in conglomerato cementizio armato si riporta di seguito il confronto del peso/massa complessivo tra calcolo manuale e calcolo del software:

NUOVA SEDE PROTEZIONE CIVILE EDIFICIO ESISTENTE (tutta la u.s.)		Incidenza %	Numero Numero	Lunghezza m	Larghezza m	Altezza m	Carico unitario kN/(m – mq – mc)	Carico totale X kN	Carico totale Y kN
Tegoli 220	G1	100,00%	6,000	24,000			4,290	617,76	617,76
	G2	100,00%	6,000	24,000			0,250	36,00	36,00
Tegoli 190	G1	100,00%	8,000	24,000			3,175	609,60	609,60
	G2	100,00%	8,000	24,000			0,450	86,40	86,40
Travi	G1	100,00%	10,000	1,100			3,830	42,13	42,13
	G1	100,00%	10,000	2,200			2,820	62,04	62,04
	G1	100,00%	10,000	2,200			3,190	70,18	70,18
	G1	100,00%	5,000	2,200			3,440	37,84	37,84
	G1	100,00%	10,000	0,940			3,770	35,44	35,44
	G1	100,00%	10,000	1,880			2,780	52,26	52,26
	G1	100,00%	10,000	1,880			3,080	57,90	57,90
	G1	100,00%	10,000	1,880			3,380	63,54	63,54
	G1	100,00%	5,000	1,880			3,600	33,84	33,84
Travi di gronda	G1	100,00%	3,000	24,000	0,200	0,200	25,000	72,00	72,00
Pilatri 40x40	G1	60,00%	10,000	7,100	0,400	0,400	25,000	170,40	170,40
Pilastri 50x50	G1	60,00%	5,000	7,100	0,500	0,400	25,000	106,50	106,50
Pannelli	G1	50,00%	1,000	24,000	0,250	7,100	14,000	298,20	298,20
	G1	50,00%	2,000	24,000	0,200	7,100	14,000	477,12	477,12
	G1	50,00%	2,000	15,050	0,300	7,100	14,000	448,79	448,79
	G1	50,00%	2,000	13,150	0,250	7,100	14,000	326,78	326,78
							Carico (kN)	**3.704,73**	**3.704,73**
							Carico da modello (kN)	**3.799,87**	**3.792,05**

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

Descrizione degli interventi di progetto

NUOVA STRUTTURA INTERNA

La nuova struttura interna che ospiterà gli uffici della Protezione Civile è costituita da fondazioni a trave rovescia in conglomerato cementizio armato con sezione rettangolare e struttura in elevazione costituita da un telaio in acciaio con copertura in lamiera grecata autoportante.

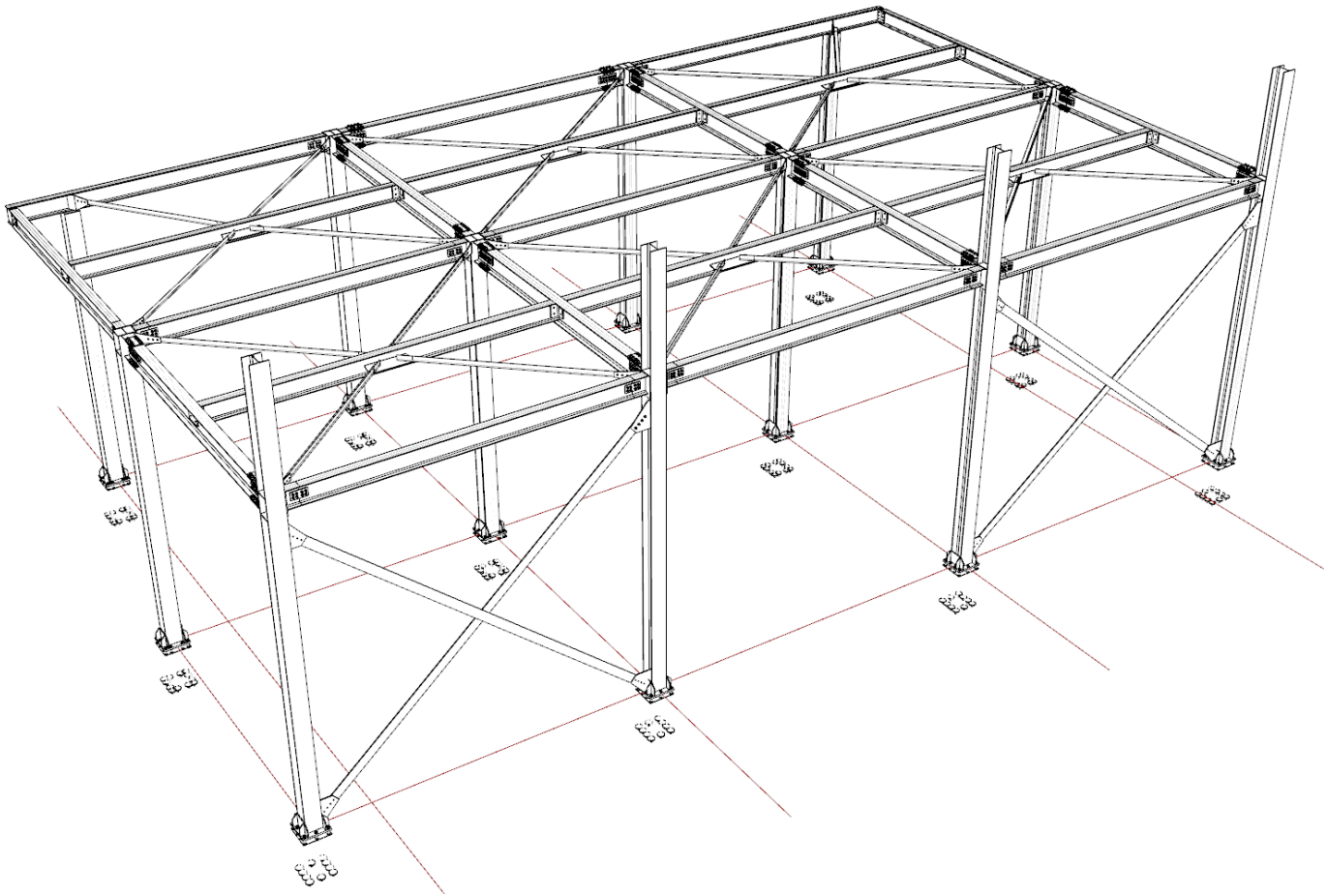


Illustrazione 18: Vista d'insieme del telaio in acciaio.

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

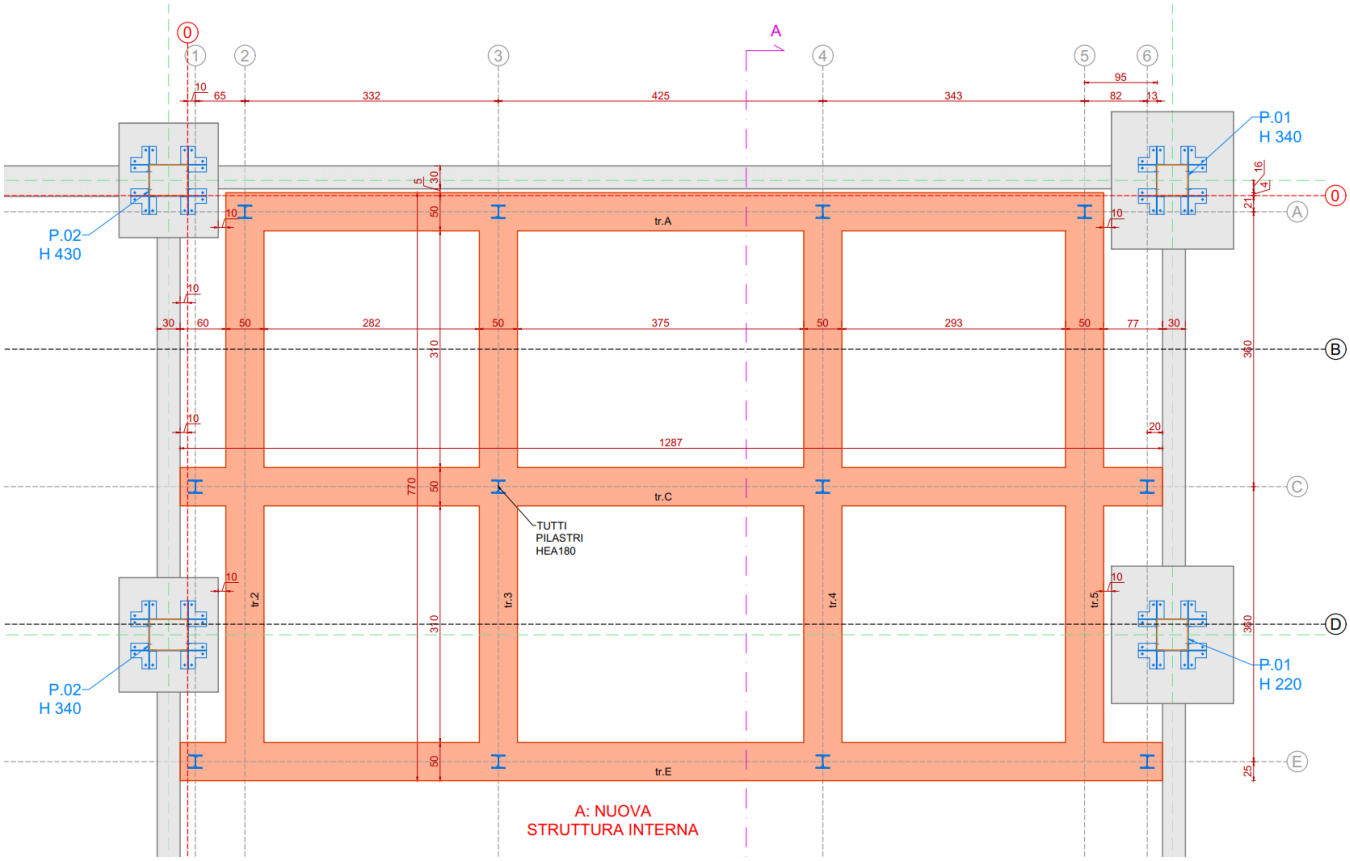


Illustrazione 19: Pianta delle opere di fondazione in c.a. (già realizzate nell'ambito del precedente appalto).

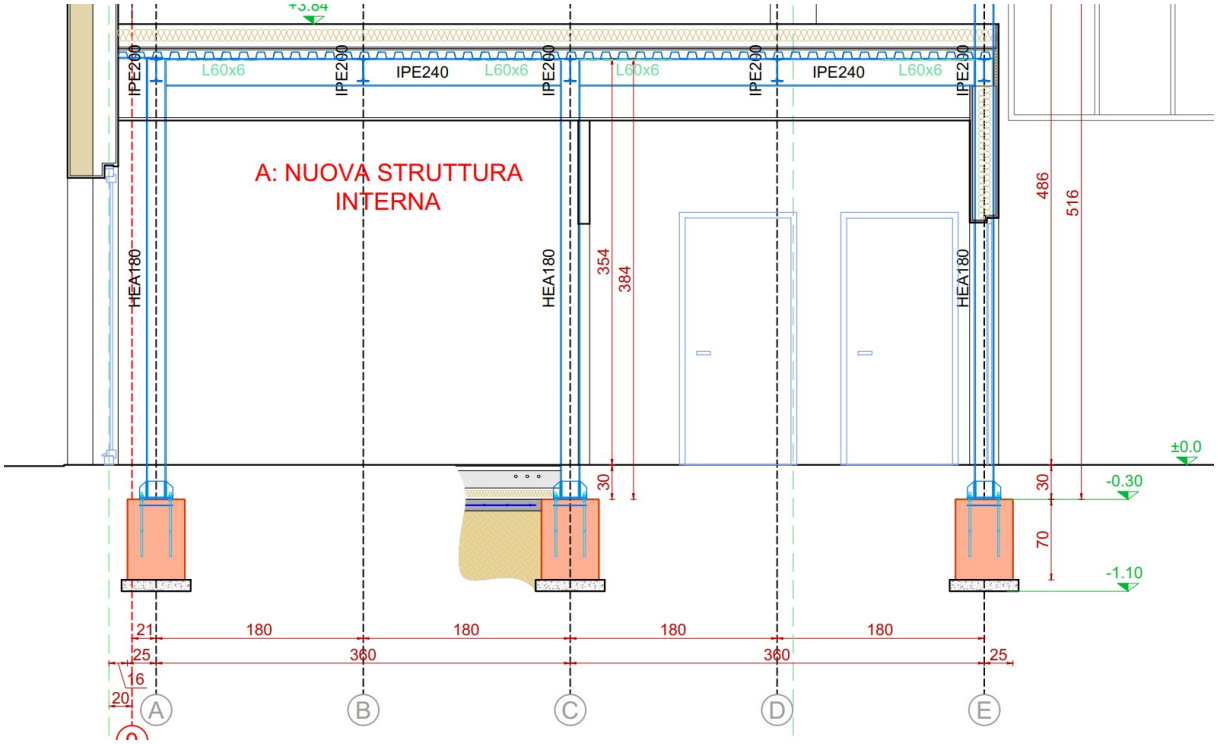


Illustrazione 20: Vista in sezione della nuova struttura interna.

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

ADEGUAMENTO STATICO E SISMICO DELLA STRUTTURA ESISTENTE

La struttura esistente in conglomerato cementizio armato prefabbricato presenta vulnerabilità nei confronti delle azioni statiche e delle azioni sismiche per le quali si interviene con gli interventi che vengono di seguito riepilogati. Gli interventi strutturali di rinforzo e collegamento riguarderanno sia la porzione di edificio nelle disponibilità della Amministazione comunale sia la porzione di proprietà privata, in quanto l'edificio esistente è, nel suo insieme, composto da una unica unità strutturale.

Rinforzo dei pilastri

Il rinforzo dei pilastri verrà eseguito mediante profilati angolari L100x10 collegati da calastrelli piatti saldati in sito. L'altezza dei rinforzi varia da pilastro a pilastro sulla base delle esigenze prestazionali desunte dalle analisi strutturali.

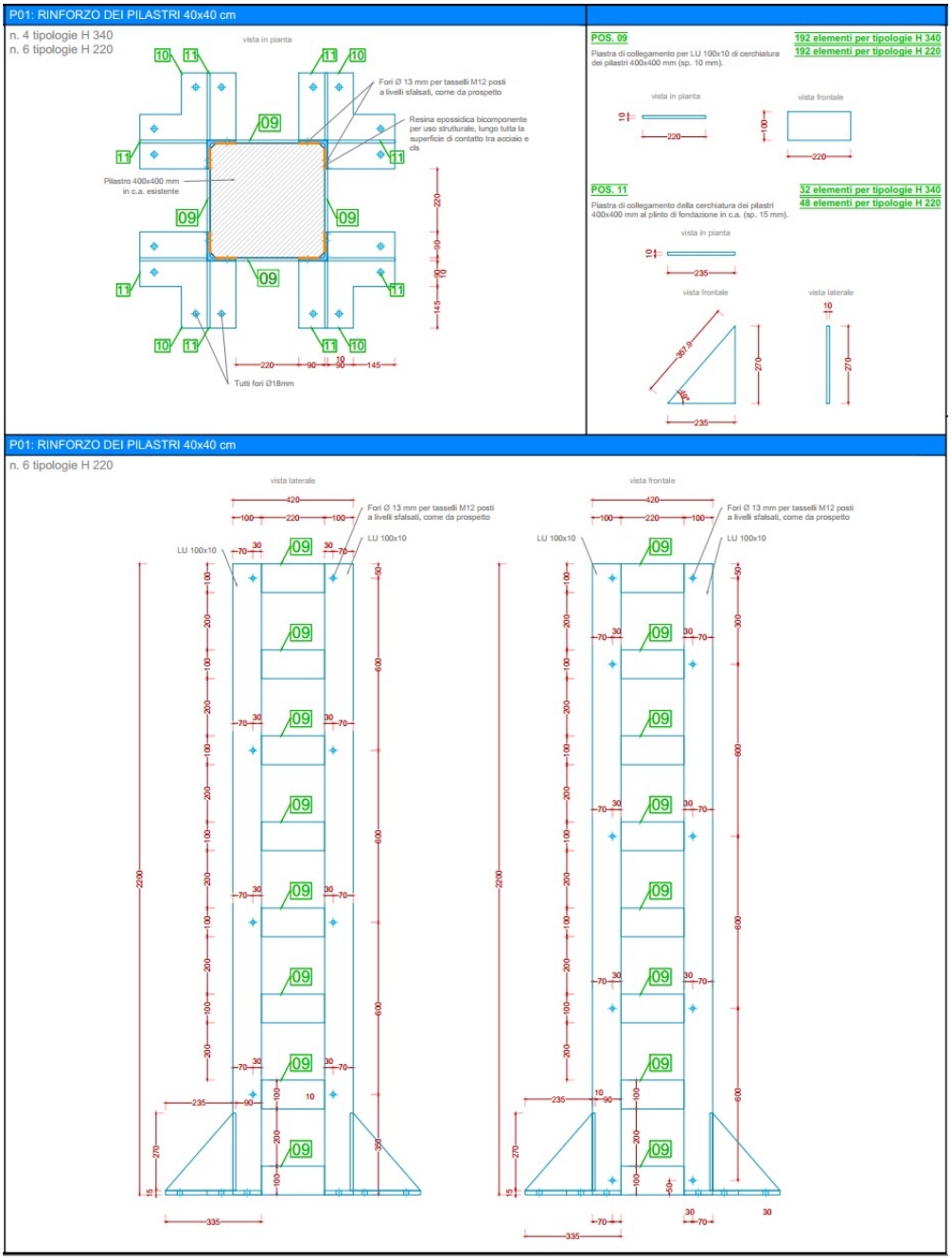


Illustrazione 21: Schema grafico tipologico del rinforzo dei pilastri.

Ing. Alessandro Zaccarini

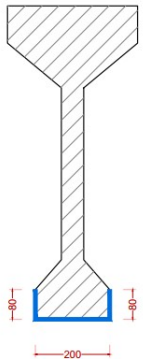
Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D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

Rinforzo a flessione delle travi principali in c.a. esistenti

Le travi principali centrali della costruzione iniziale e della zona di ampliamento necessitano di rinforzo a flessione per carichi verticali, che verrà attuato mediante fibrocomposito in fibra di carbonio unidirezionale di classe 350/2800C.

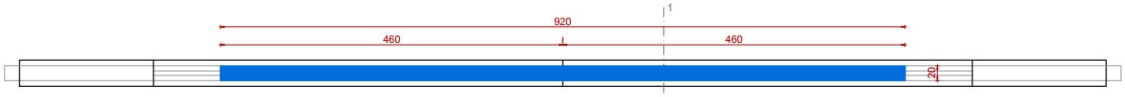
TRAVE DI COPERTURA AMPLIAMENTO
(centrale)

SEZIONE 1
scala 1:10



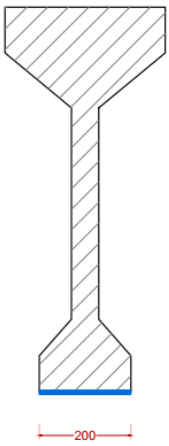
TRAVE DI COPERTURA AMPLIAMENTO
(centrale)

VISTA IN PIANTA
scala 1:50



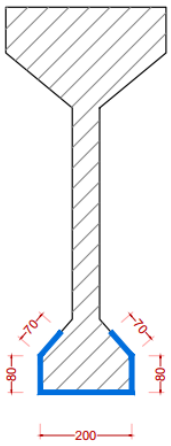
TRAVE DI COPERTURA
(centrale)

SEZIONE 1
scala 1:10



TRAVE DI COPERTURA
(centrale)

SEZIONE 2
scala 1:10



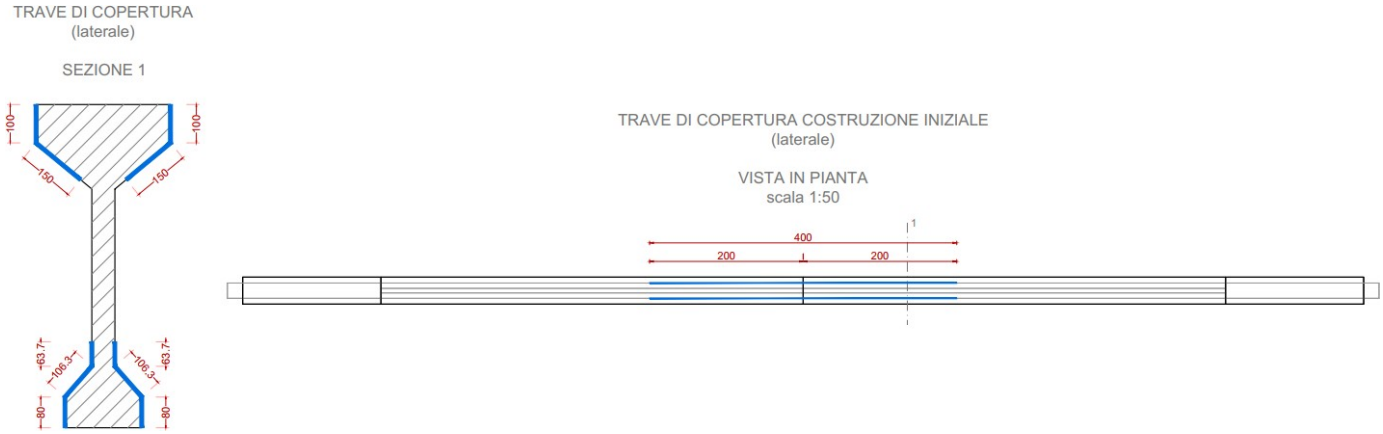
TRAVE DI COPERTURA COSTRUZIONE INIZIALE
(centrale)

VISTA IN PIANTA
scala 1:50



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

Le travi principali esterne della costruzione iniziale necessitano di rinforzo a flessione per carichi orizzontali dovuti all'azione sismica, che verrà attuato mediante fibrocomposito in fibra di carbonio unidirezionale di classe 350/2800C.



Formazione delle opere di collegamento tra gli elementi strutturali principali, secondari ed i muri di tamponamento

Le opere in progetto prevedono la realizzazione di nuovi collegamenti in acciaio tra:

- tegoli e travi;
- travi e pilastri;
- muri di tamponamento con travi e pilatri;
- formazione di catena in piattina di acciaio nei paramenti longitudinali per il collegamento.

A scopo descrittivo si riportano le seguenti illustrazioni. Per i dettagli occorre riferirsi alle tavole grafiche progettuali.

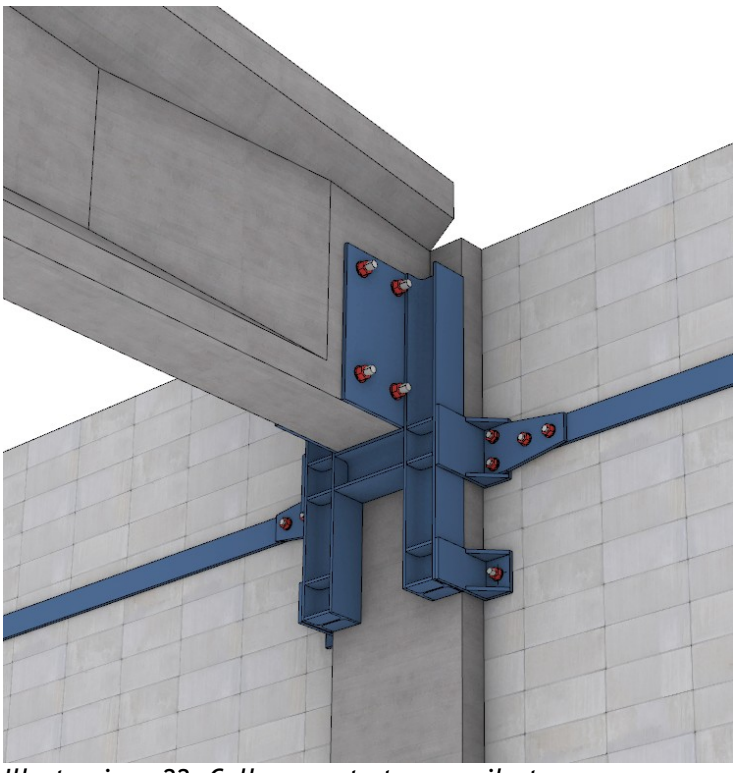


Illustrazione 22: Collegamento trave - pilastro.

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

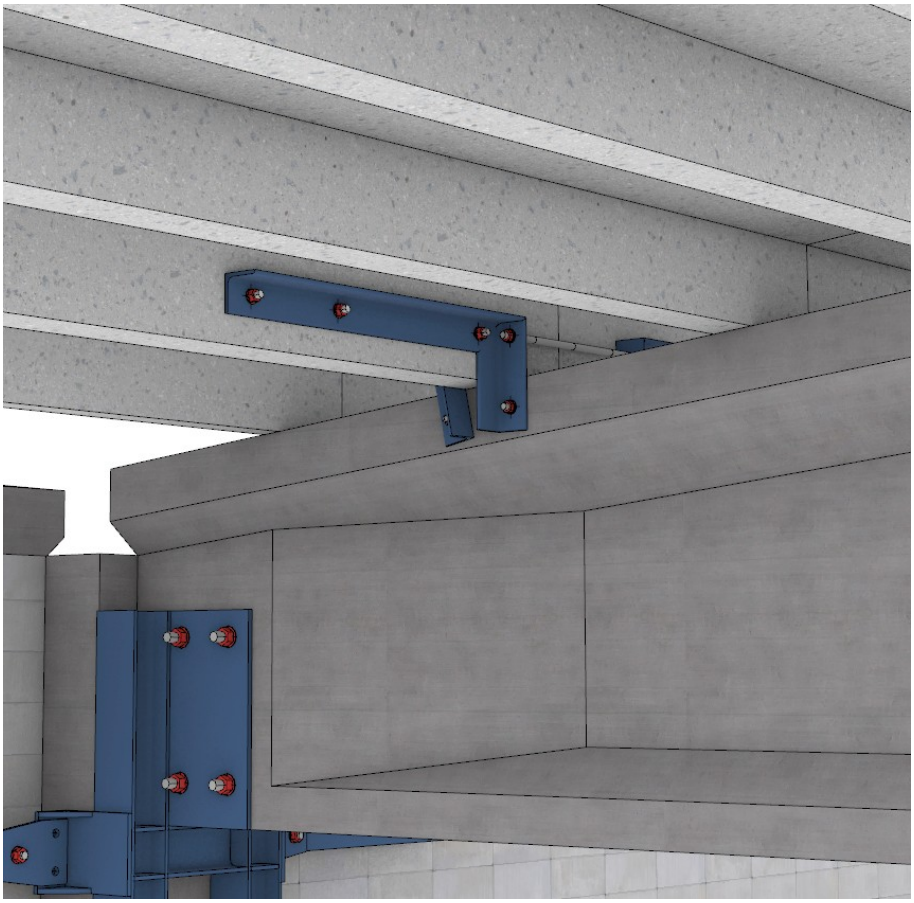


Illustrazione 23: Collegamento tegolo-trave.

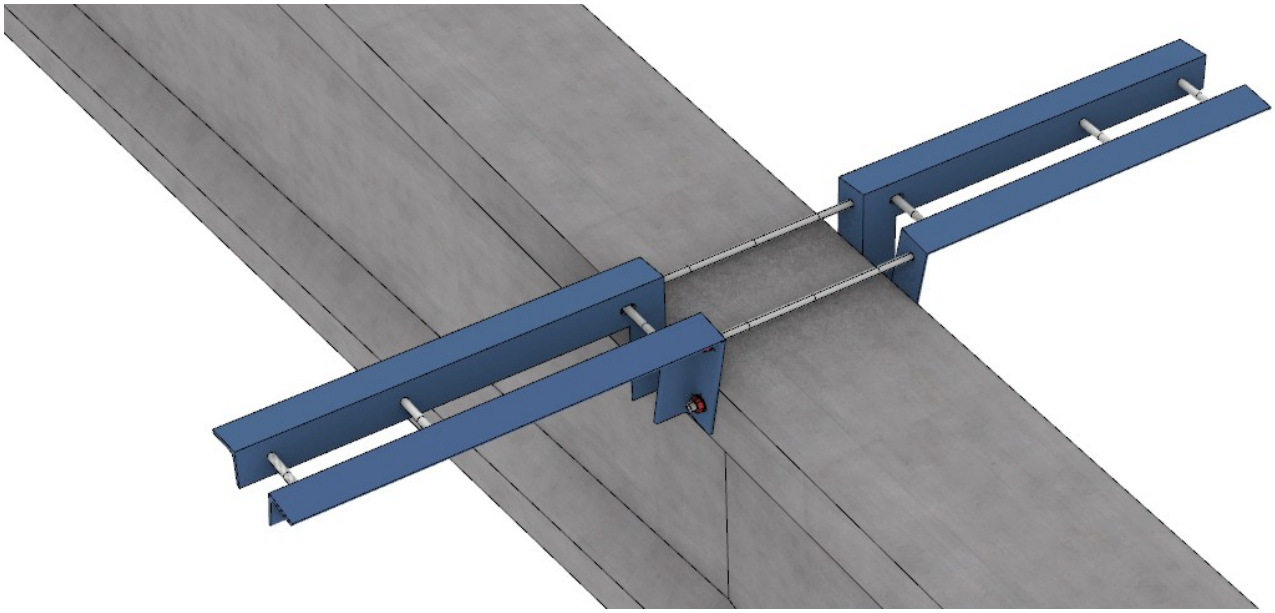


Illustrazione 24: Dettaglio della coppia di collegamenti tegolo-trave uniti da barre filettate M16.

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



Illustrazione 25: Catene a piattina sui paramenti longitudinali.

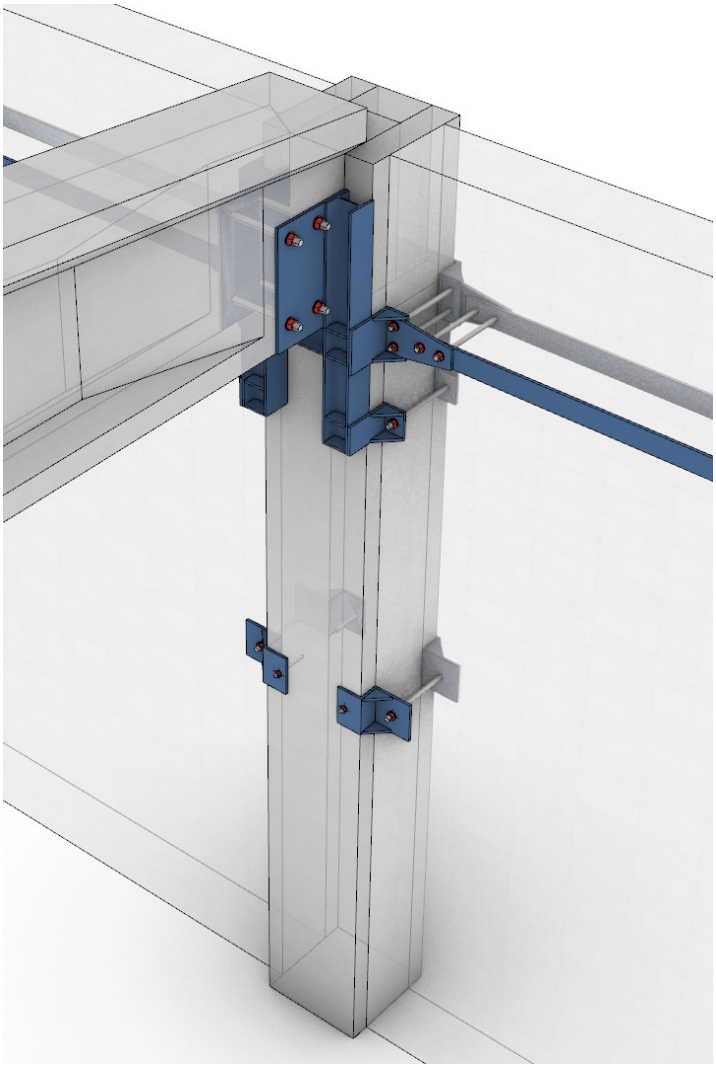


Illustrazione 26: Particolare dell'abbinamento delle opere di collegamento interne ed esterne ai muri.

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

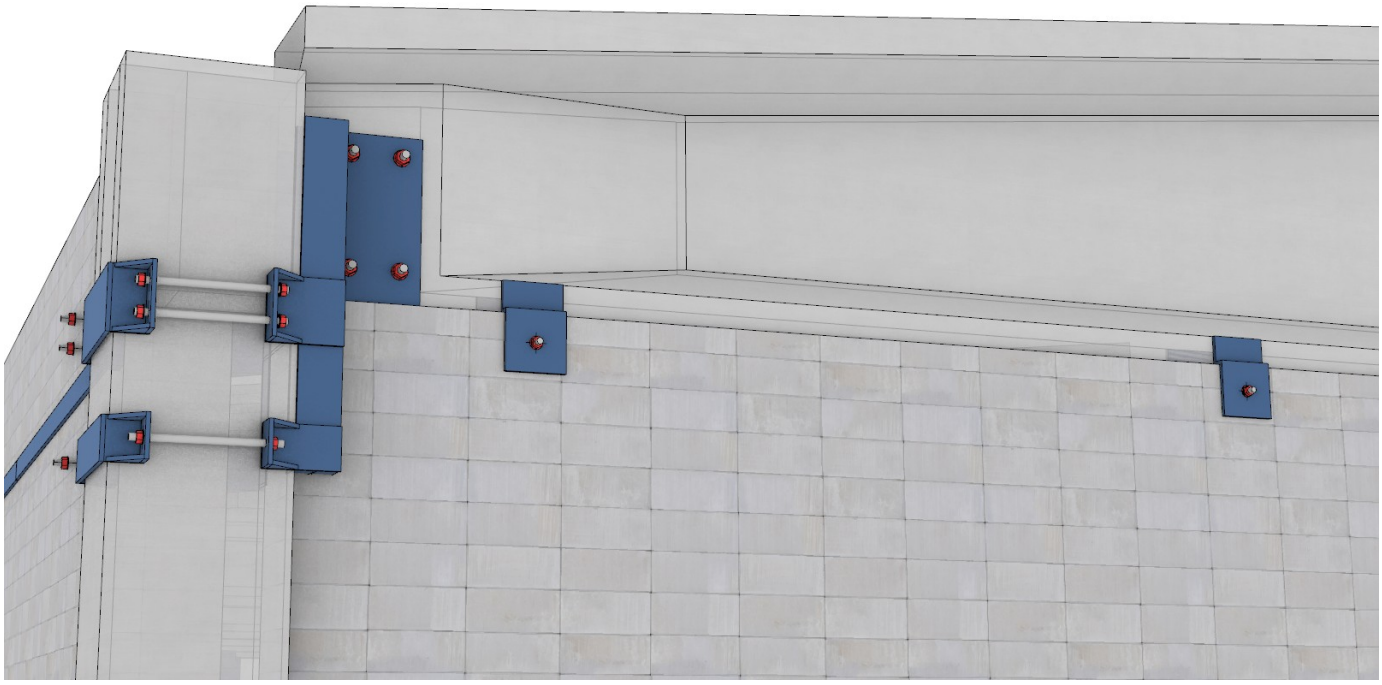


Illustrazione 27: Collegamento muro - trave per i paramenti frontali.



Illustrazione 28: Dettaglio dei collegamenti muro - trave nei paramenti frontali.

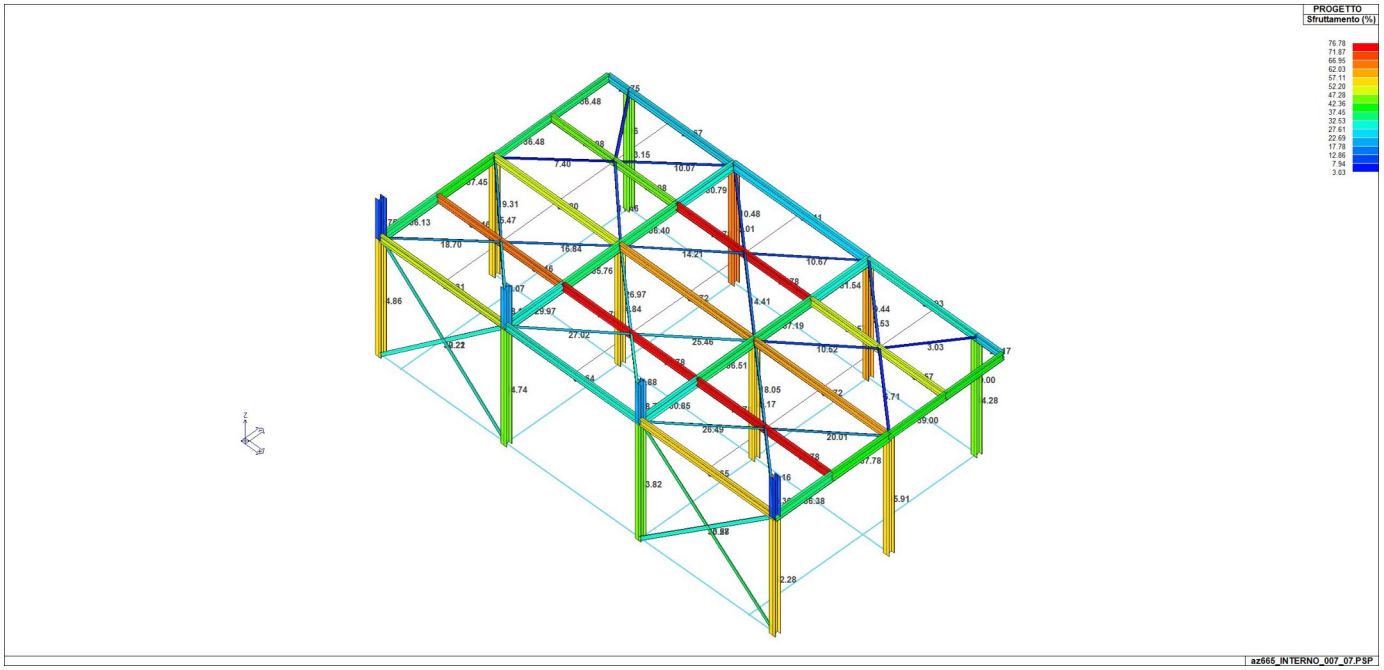
Ing. Alessandro Zaccarini

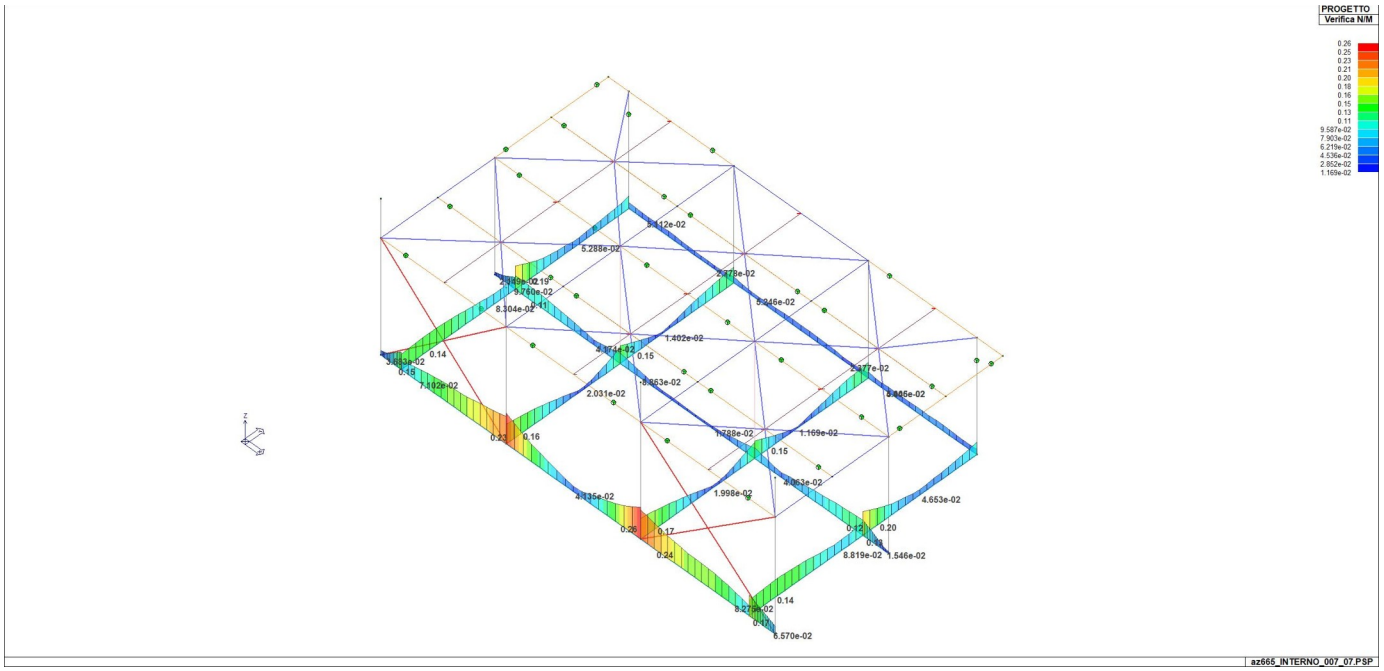
Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D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

Riepilogo dei risultati delle analisi per lo stato di fatto e di progetto

NUOVA STRUTTURA INTERNA

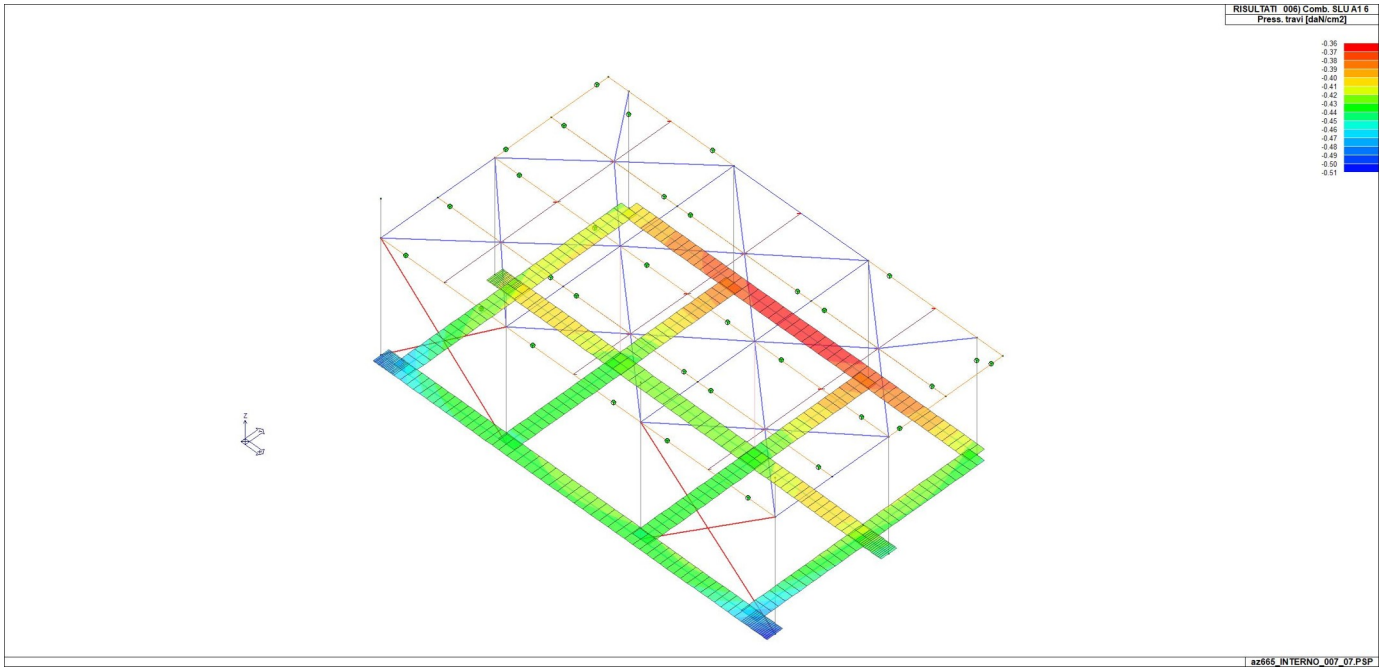
La nuova struttura interna è stata progettata ai sensi delle NTC2018 pertanto risulta adeguata a sostenere le azioni statiche e sismiche ad essa competenti. Di seguito si riportano, in forma grafica, gli esiti delle principali analisi e verifiche.

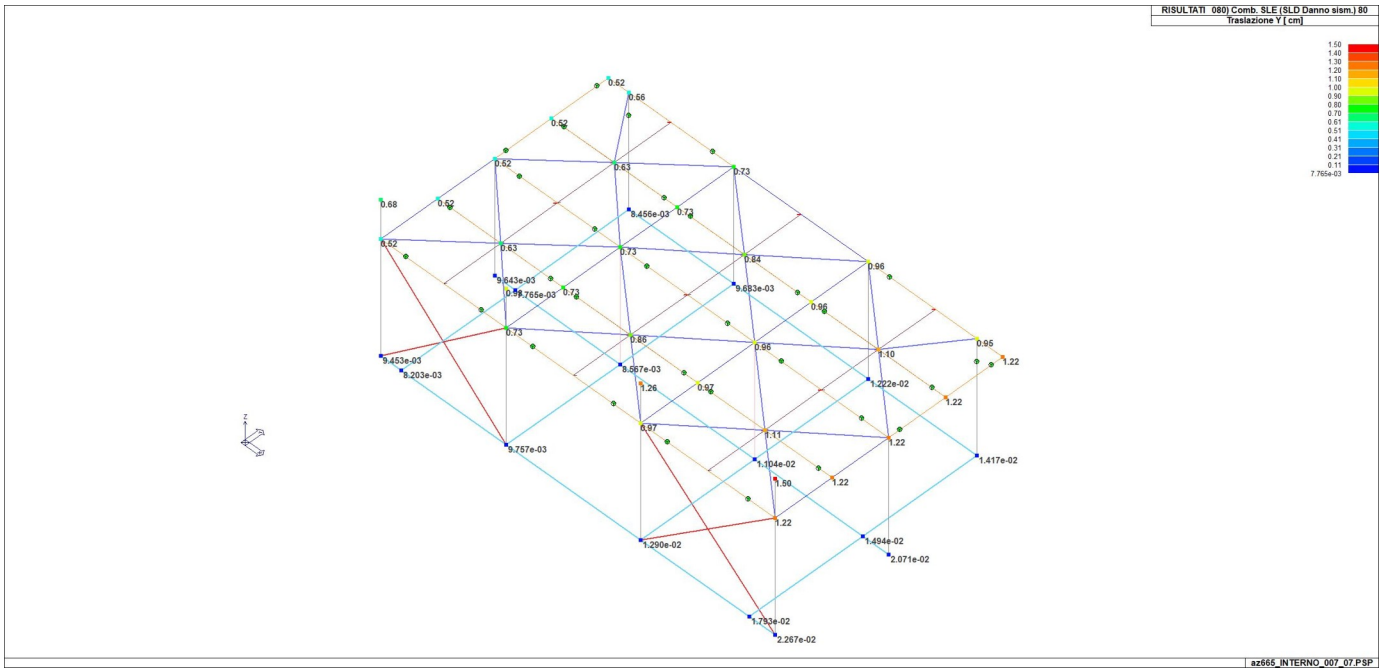




Ing. Alessandro Zaccarini

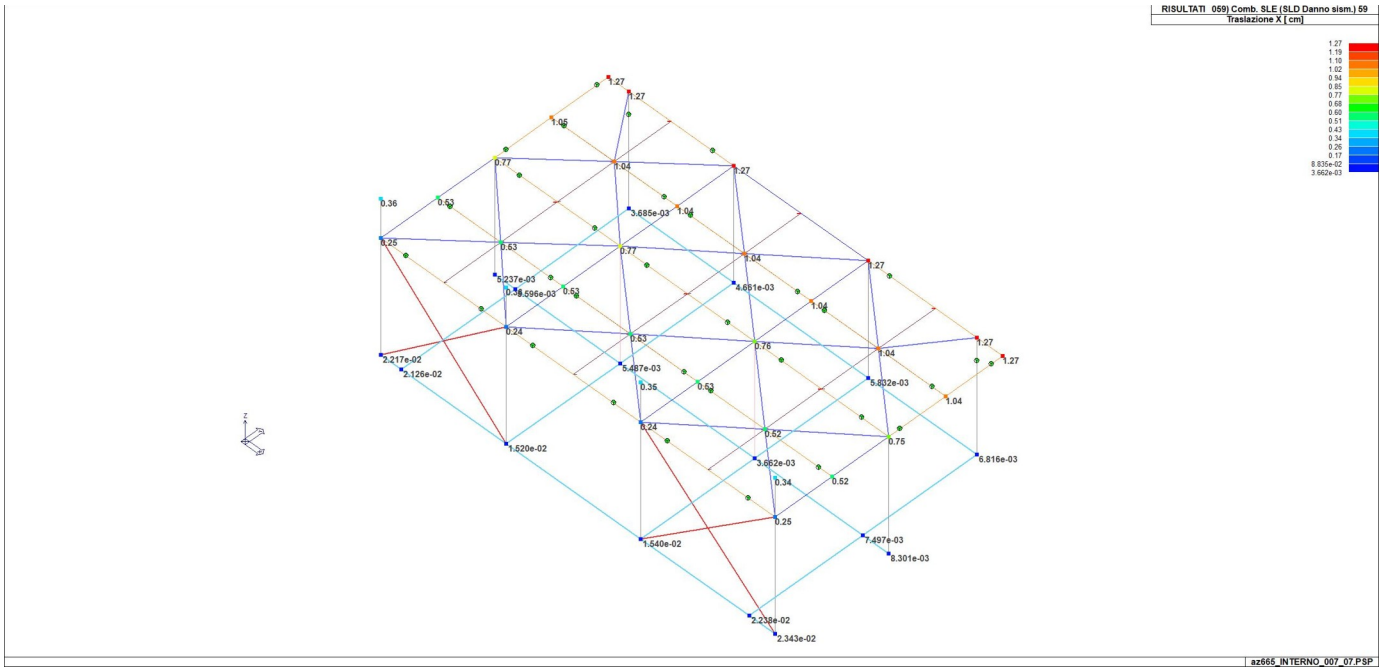
Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • *Sede* Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • *Cell* 340 7007607 • *email* info@alessandrozaccarini.com • *PEC* alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • *C.F.* ZCC LSN 72T11 G337D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

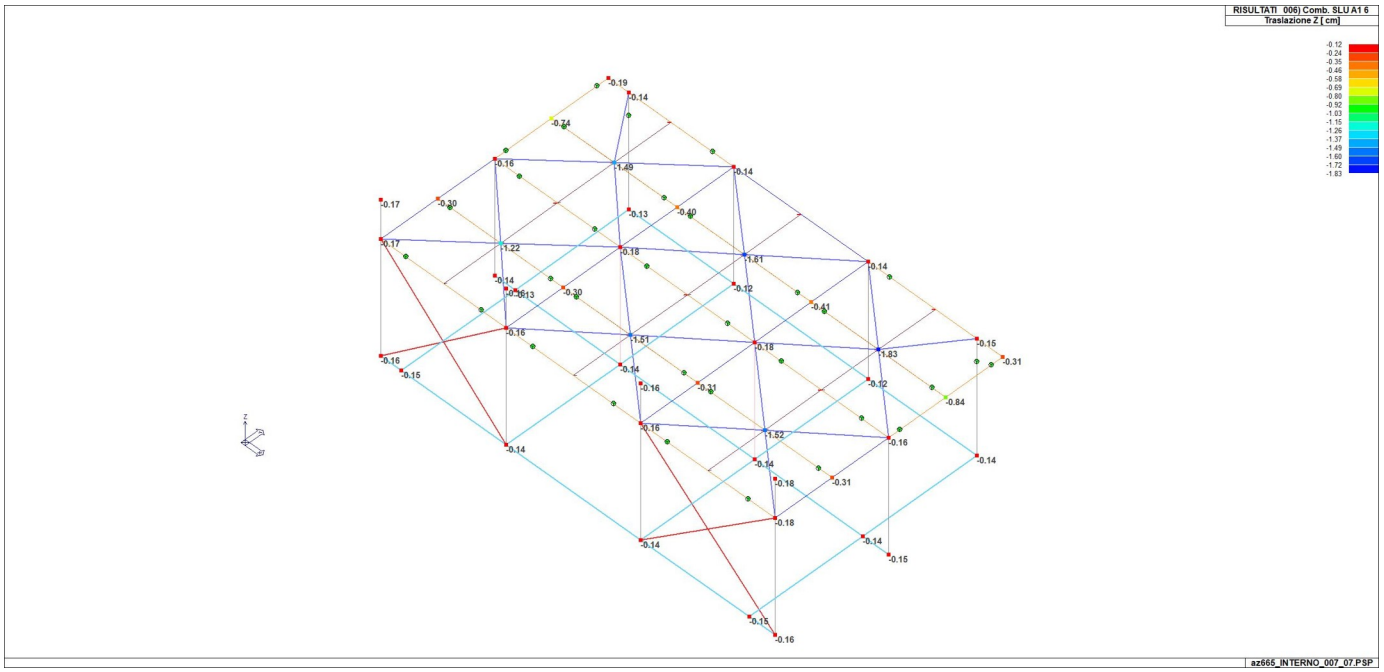




Ing. Alessandro Zaccarini

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





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

EDIFICIO ESISTENTE - Riepilogo della valutazione della sicurezza per lo STATO DI FATTO

Vulnerabilità non quantificabili numericamente

Per la struttura in esame si ritiene non vi siano vulnerabilità non quantificabili numericamente.

Vulnerabilità nei confronti dei carichi statici

Premessa

In esito alle analisi svolte la struttura in esame presenta vulnerabilità relative alle azioni statiche che riguardano:

- verifiche agli stati limite di esercizio dei pilatri esterni della fila centrale, in combinazione di carico rara, relativamente alle tensioni lato acciaio alla base dei pilastri
- flessione delle travi

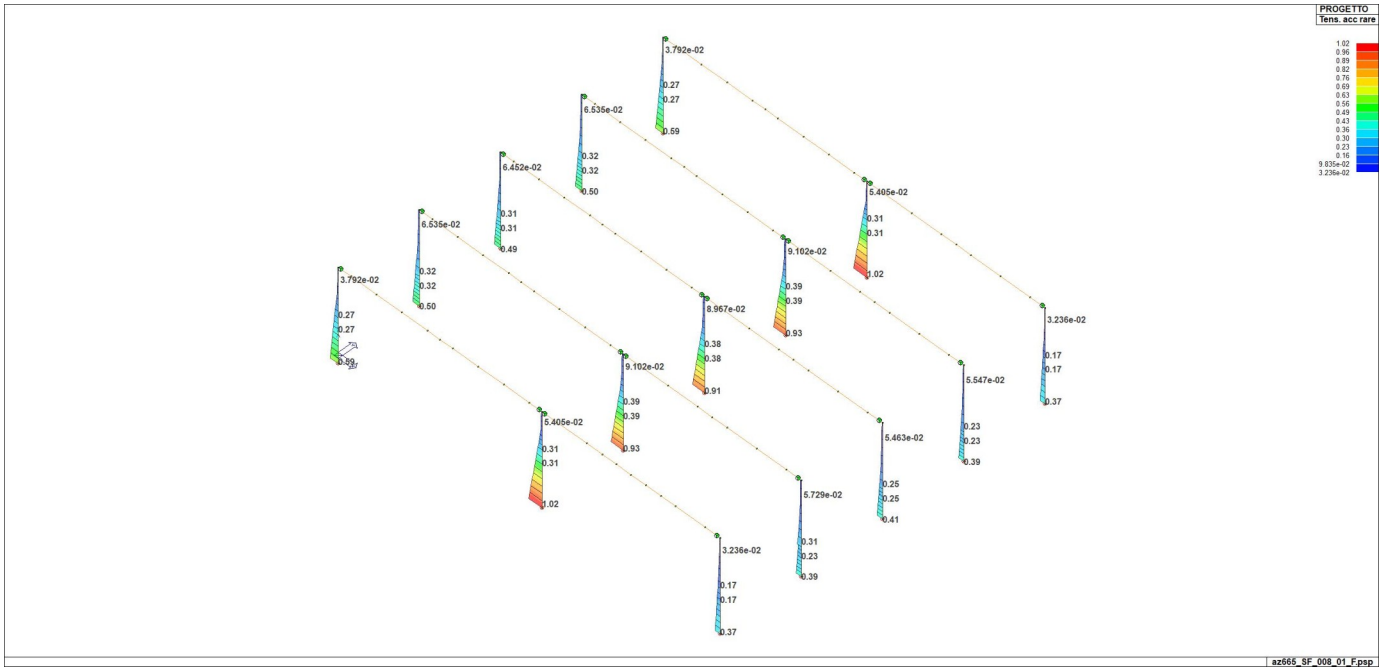
Di seguito si espongono gli esiti delle verifiche che evidenziano dette vulnerabilità.

Verifica SLE dei pilastri

Di seguito si riporta il diagramma della verifica a SLE dei pilastri, in combinazione di carico rara, relativo alle tensioni lato acciaio.

Dal diagramma risulta:

SLE pilastri – tensioni acciaio in CCC rara: $\zeta_{v,min} = 1/1,02 = 0,980$

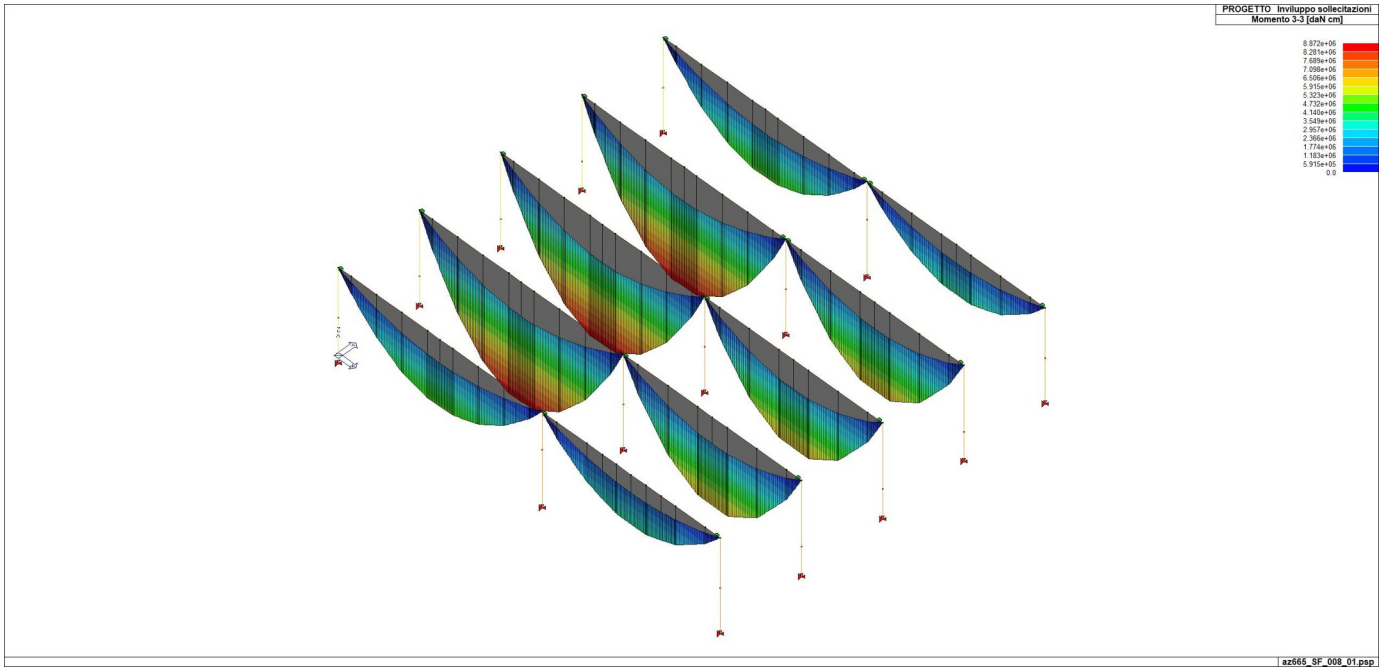


Ing. Alessandro Zaccarini

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

Verifica a flessione delle travi principali

Di seguito si riporta il diagramma di inviluppo del momento M3-3 delle travi principali.



Le travi a sezione variabile presentano vulnerabilità nei confronti dei carichi statici nelle sezioni prossime alla mezzeria.

In esito alle verifiche svolte, la condizione che massimizza il tasso di lavoro della sezione resistente nei confronti del momento sollecitante si presenta nelle sezioni prossime alla mezzeria ad una distanza dalla stessa che si spinge sino a quasi 3 metri da essa.

Per la sezione oggetto di verifica delle travi centrali della costruzione iniziale posta a 282 cm dalla mezzeria, che si assume come sezione maggiormente sofferente, il tasso di lavoro allo SLU risulta essere pari a 1,24, da cui:

SLU flessione travi principali: $\zeta_{v,min} = 1/1,24 = 0,806$

Agli stati limite di esercizio, per la medesima trave il tasso di lavoro risulta essere pari a 1,03, quindi prossimo all'unità. Si ritiene che tale risultato non comporti una effettiva vulnerabilità.

Anche le travi principali della zona di ampliamento risultano vulnerabili a flessione da momento M3-3 anche se con $\zeta_{v,min} = 1/1,20 = 0,833$ leggermente superiore rispetto alle travi principali della costruzione iniziale.

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

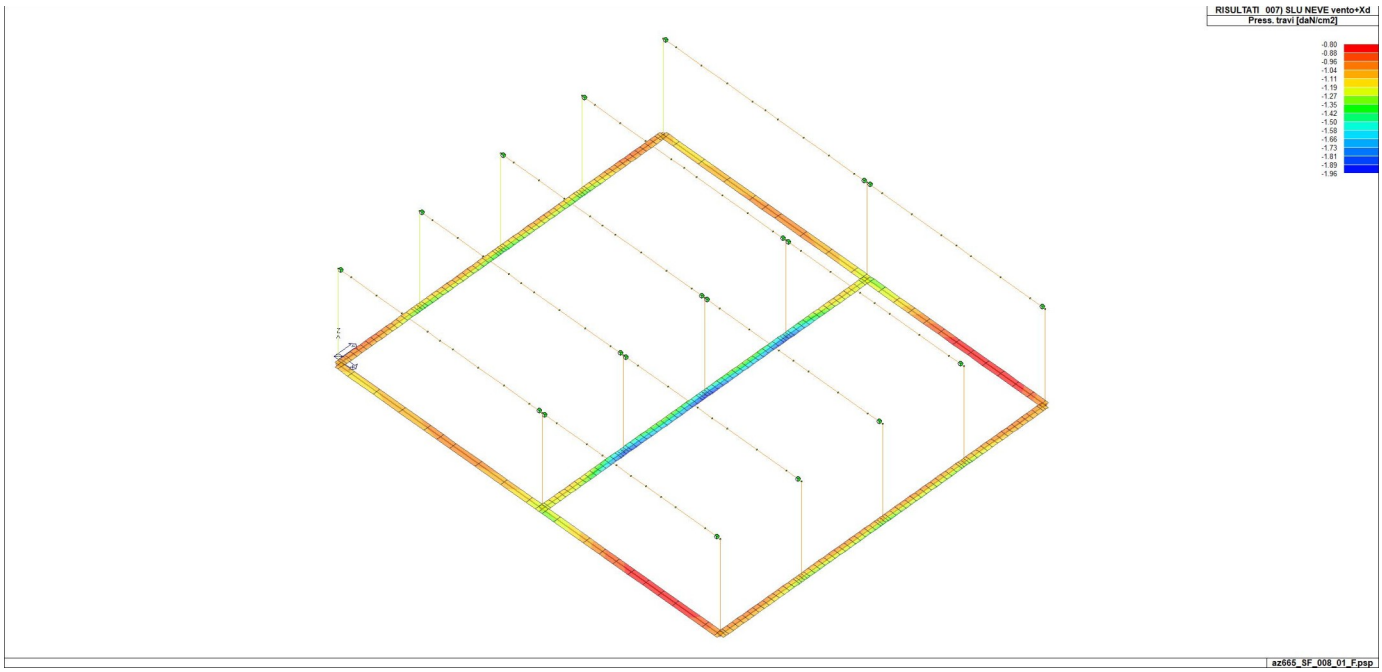
Vulnerabilità relative agli aspetti geotecnici

In esito alle analisi geotecniche viene rilevato che le opere di fondazione risultano completamente verificate nei confronti delle pressioni di contato con il terreno, ad eccezione di alcuni tratti delle travi interne porta-muro.

La portanza verticale risulta superata per brevi tratti, prossimi ai plinti di fondazione, pertanto si ritiene che la vulnerabilità non sussista ma sia unicamente esito della modellazione agli elementi finiti.

Elemento: Trave n. 180
Qmax / Qlim = 1.9161 / 1.7946 = 1.068 N.V. (Cmb 15 SLU STR)

Elemento: Trave n. 183
Qmax / Qlim = 1.9161 / 1.7946 = 1.068 N.V. (Cmb 15 SLU STR)



Riepilogo

In esito alla valutazione della sicurezza nei confronti delle azioni statiche si può quindi riassumere che per la struttura nello stato di fatto risulta:

ζ_v = 0,806.

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

Vulnerabilità dovute alla attivazione dei cinematismi nei muri di tamponamento

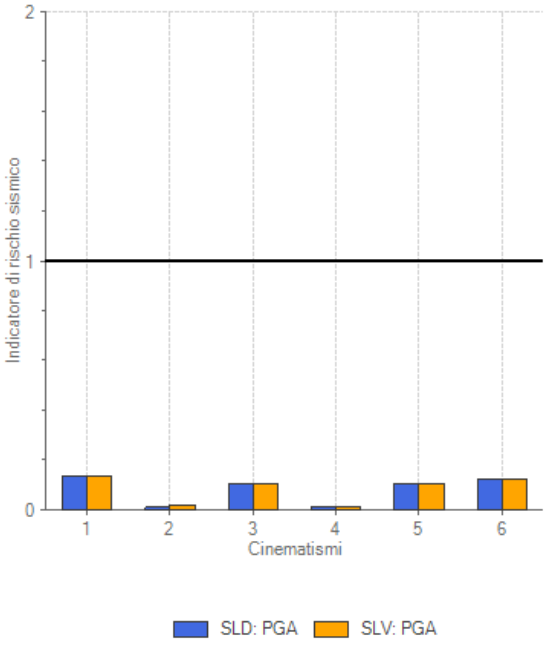
Risultati dei cinematismi analizzati:

n.	αO	PGA,CLD /PGA,DLD	TR,CLD /TR,DLD	PGA,CLV /PGA,DLV	TR,CLV /TR,DLV
1	0.033	**0.136**	**0.010**	**0.133**	**0.005**
2	0.005	**0.000**	**0.000**	**0.019**	**0.000**
3	0.026	0.107	0.005	**0.106**	**0.003**
4	0.000	0.000	0.000	**0.000**	**0.000**
5	0.025	0.107	0.005	**0.106**	**0.003**
6	0.030	0.124	0.010	**0.122**	**0.004**

n. = numero consecutivo del cinematismo
αO = moltiplicatore di collasso
PGA,CLD / PGA,DLD = ζ,E,SLD,PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLD
TR,CLD / TR,DLD = ζ,E,SLD,TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLD
PGA,CLV / PGA,DLV = ζ,E,SLV,PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV
TR,CLV / TR,DLV = ζ,E,SLV,TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

Secondo All.A al D.M.14.1.2008, si considerano valori di TR compresi nell'intervallo [30,2475] anni. Se TR>2475 si pone TR=2475.
Se TR<30, con riferimento al Programma di ricerca DPC-ReLUIS (Unità di Ricerca CNR-ITC)
si adotta un'estrapolazione mediante una regressione sui tre valori di hazard ag(30), ag(50) e ag(75),
effettuata con la funzione di potenza: ag(TR)=k*TR^α.
Per il sito in esame risulta: K = 0.010674520, α = 0.451353980

Per l'Indicatore di Rischio Sismico in termini di TR si ha quindi un limite massimo pari a:
SLD: (2475/TR,DLD)=12.313
SLV: (2475/TR,DLV)=1.304



In esito alla valutazione della sicurezza nei confronti dei meccanismi locali di danno risulta:

$\zeta_{E,PGA,min}$ = 0.

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

Vulnerabilità locali e globali dovute all'azione sismica

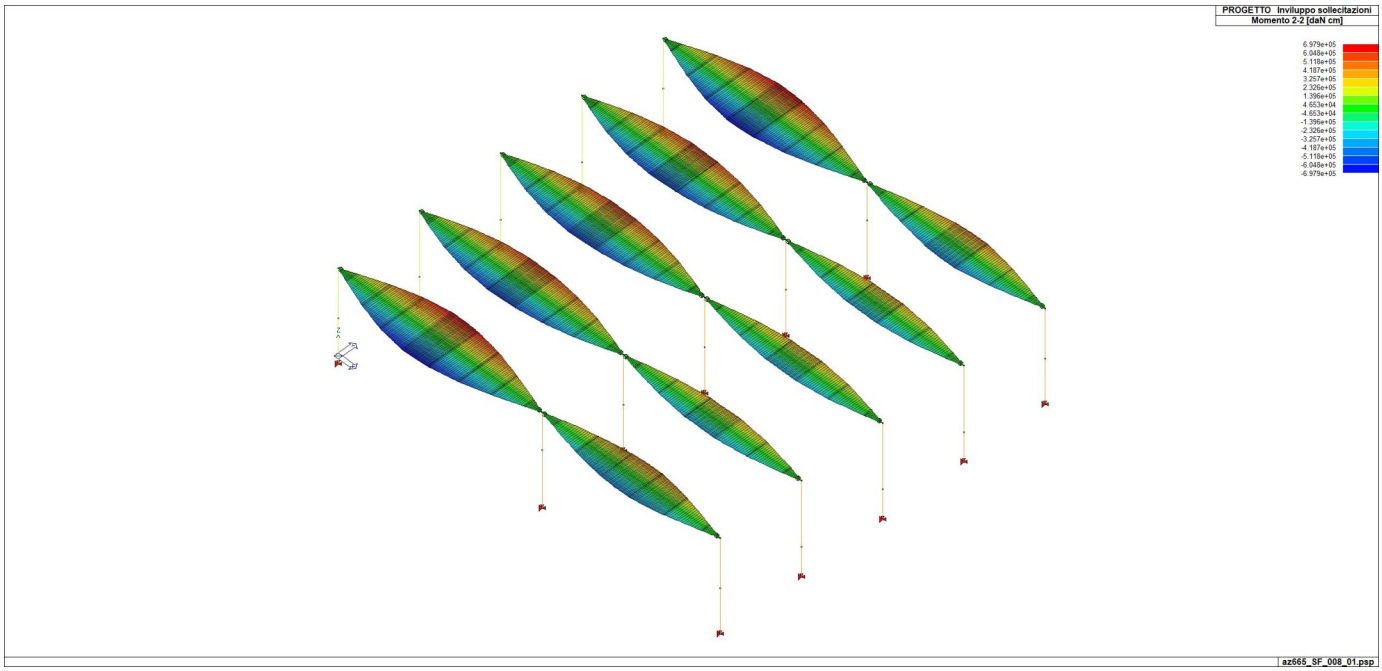
Assenza di collegamenti

Per la struttura esistente, in esito all'analisi storico-critica, al rilievo geometrico-strutturale ed alle indagini diagnostiche svolte, si constata la mancanza dei collegamenti TEGOLO-TRAVE e la presenza dei collegamenti TRAVE-PILASTRO costituita unicamente dalle forchette in sommità dei pilastri che confinano le travi in una unica direzione.

Per quanto sopra si ritiene che i collegamenti siano da considerare complessivamente assenti.

Vulnerabilità delle travi principali all'azione sismica

Di seguito si riporta il diagramma di inviluppo del momento M2-2 delle travi principali, per il quale l'azione che ne massimizza i valori è l'azione sismica.



Le travi a sezione variabile presentano vulnerabilità nei confronti dei carichi sismici nelle sezioni prossime alla mezzeria.

In esito alle verifiche svolte, la condizione che massimizza il tasso di lavoro della sezione resistente nei confronti del momento sollecitante si presenta nelle sezioni di mezzeria delle travi esterne della costruzione principale.

Per la sezione oggetto di verifica delle travi esterne della costruzione iniziale, posta in mezzeria e che si assume come sezione maggiormente sofferente, il tasso di lavoro allo SLV risulta essere pari a 1,24, da cui:

SLV flessione orizzontale travi principali: $\zeta_{E,min} = 1/1,20 = 0,833$

Agli stati limite di esercizio (SLD), la medesima sezione risulta verificata.

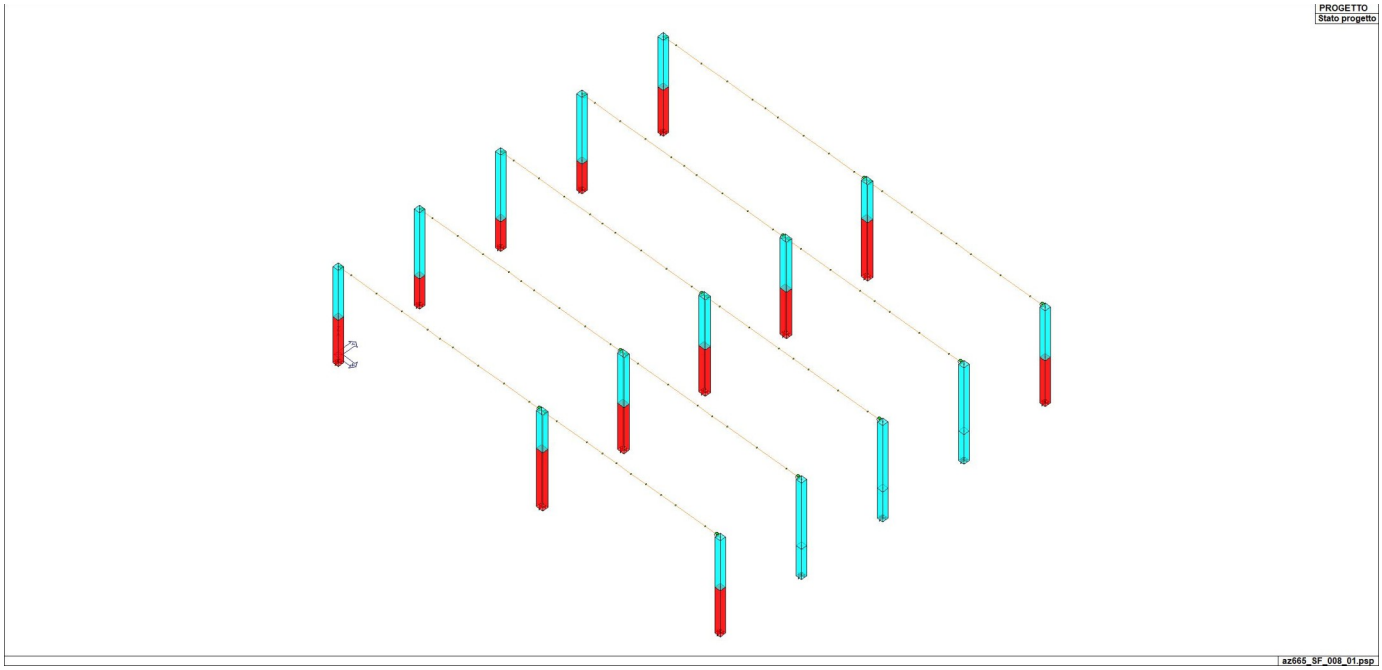
Le travi principali centrali della costruzione iniziale e tutte le travi principali della zona di ampliamento risultano invece verificate.

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

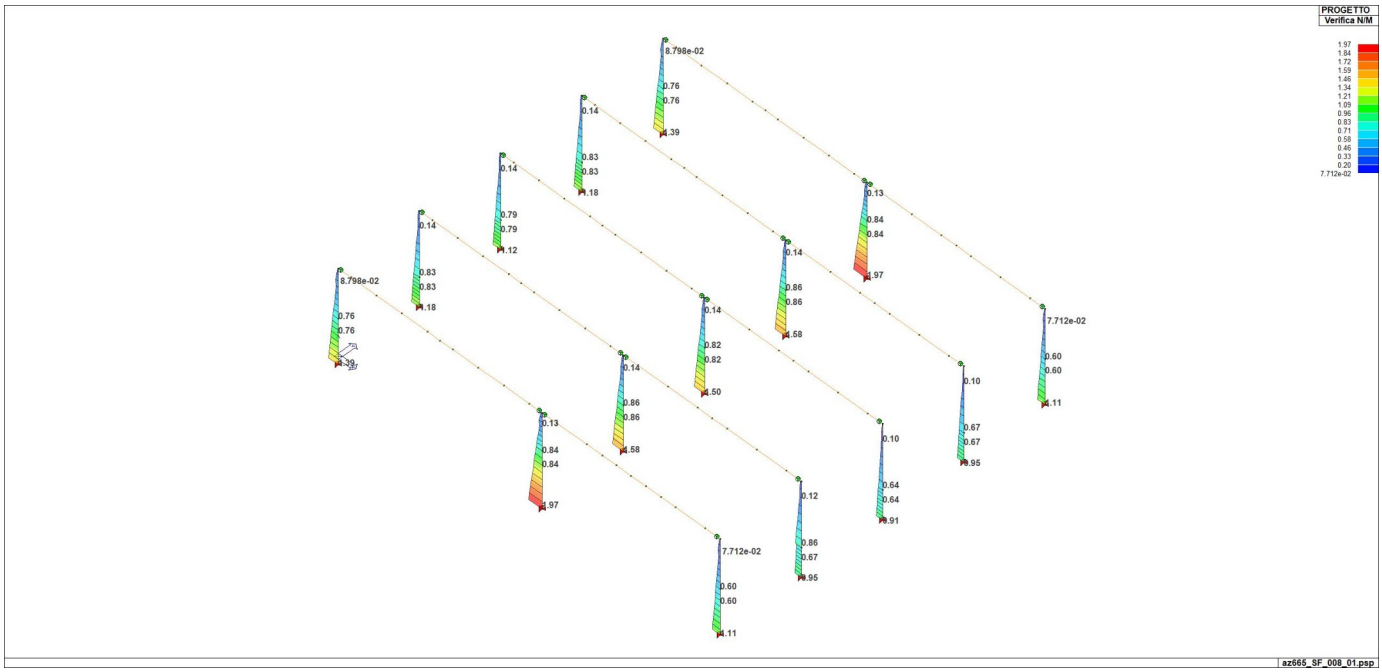
Vulnerabilità dei pilastri a pressoflessione con azione sismica

L'esito delle verifiche dei pilastri agli stati limite ultimi con presenza di azione sismica è riepilogato nella figura seguente.



Gli esiti della verifica N/M evidenziano come la sezione alla base dei pilastri risenta sensibilmente dell'azione sismca raggiungendo, all'SLV un tasso di lavoro di 1,97.

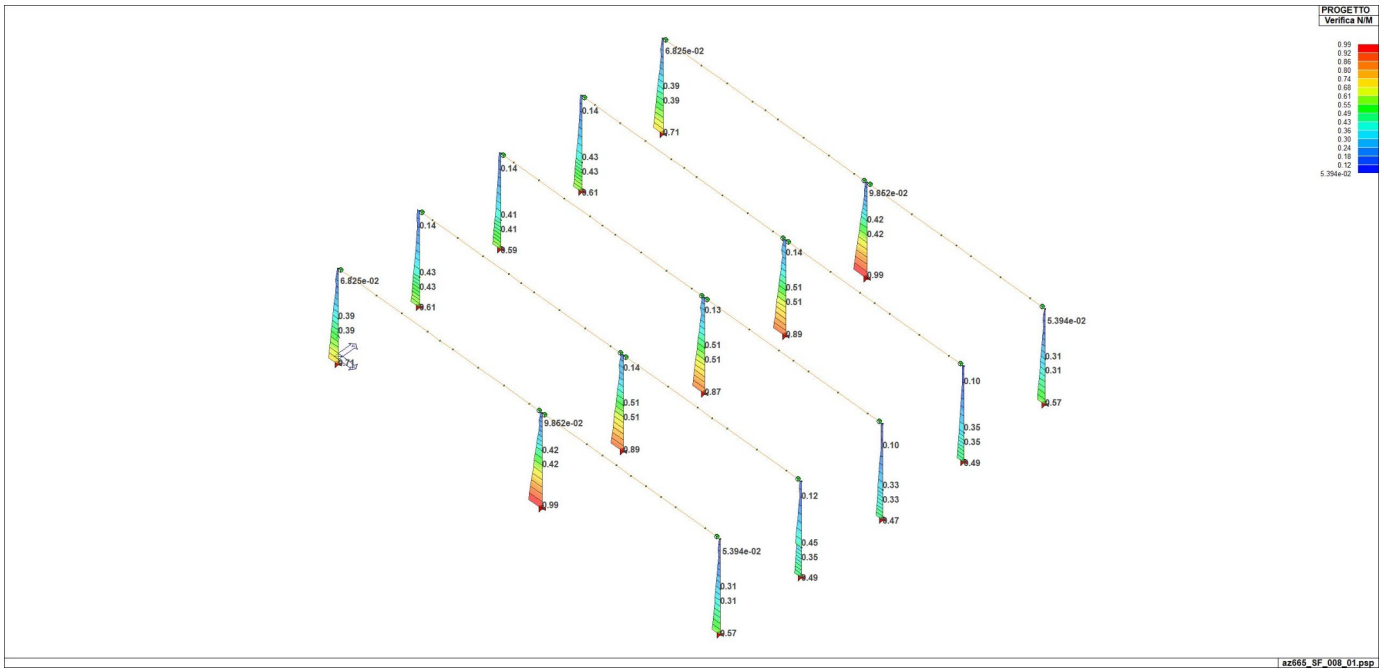
SLV pressoflessione pilastri: $\zeta_{E,min}$ = 1/1,97 = 0,508



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

Considerata la $\zeta_{E,min}$ = 1/1,97 = 0,508 e ponendo l'azione sismica pari al 50% dell'azione sismica di progetto si nota come effettivamente la verifica a pressoflessione dei pilastri risulti superata.



Riepilogo e calcolo degli indicatori di rischio sismico per l'analisi sismica

Di seguito si riepilogano le vulnerabilità riscontrate:

ANALISI STATICA - SLE pilastri – tensioni acciaio in CCC rara	$\zeta_{v,min}$ = 1/1,02 = 0,980
ANALISI STATICA - SLU flessione travi principali	$\zeta_{v,min}$ = 1/1,24 = 0,806
ANALISI SISMICA – Cinematismi pannelli murari di tamponamento	$\zeta_{E,min}$ = 0
ANALISI SISMICA - SLV flessione orizzontale travi principali:	$\zeta_{E,min}$ = 1/1,20 = 0,833
ANALISI SISMICA - SLV pressoflessione pilastri:	$\zeta_{E,min}$ = 1/1,97 = 0,508

Da cui deriva che:
la capacità statica della struttura nello stato di fatto è pari a $\zeta_{v,min}$ = 0,806
la capacità sismica per meccanismi locali nello stato di fatto è pari a $\zeta_{E,min}$ = 0
la capacità sismica globale della struttura per azioni sui suoi elementi strutturali è pari a $\zeta_{E,min}$ = 0,508

Capacità della struttura in termini di Vita Nominale; Tempo di intervento

Dati in input (domanda):
Classe d'uso della costruzione (§2.4.2): IV
Coefficiente d'uso della costruzione (§2.4.2, 2.4.3) C_U: 2.0
Vita Nominale V_N (§2.4.1): 100 anni
Vita di Riferimento (§2.4.3) $V_R = V_N * C_U$: 200 anni
PV_R per SLV (definita in input): 10 %

Risultati dell'analisi (capacità):
TR_{CLV} (anni) = 0 anni
Dalla relazione: $TR = -V_R / \ln(1-PV_R)$, ponendo $TR = TR_{CLV}$ e assumendo PV_R per SLV definita in input, segue la capacità della struttura in termini di Vita di Riferimento (V_{RC}) e quindi di Vita Nominale, ossia il Tempo di intervento $T_{INT} = (TR_{CLV}/C_U) * \ln(1-PV_R)$:
V_{RC} (anni) = 0 anni
T_{INT} (anni) = 0 anni

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

EDIFICIO ESISTENTE - Riepilogo della valutazione della sicurezza di PROGETTO

Vulnerabilità non quantificabili numericamente

Per la struttura in esame si ritiene non vi siano vulnerabilità non quantificabili numericamente.

Vulnerabilità nei confronti dei carichi statici

Premessa

In esito alle analisi svolte ed alle vulnerabilità rilevate per lo stato di fatto, le soluzioni progettuali applicate hanno consentito l'eliminazione delle vulnerabilità ed il completo adeguamento della capacità portante della struttura e dei suoi elementi nei confronti delle azioni statiche.

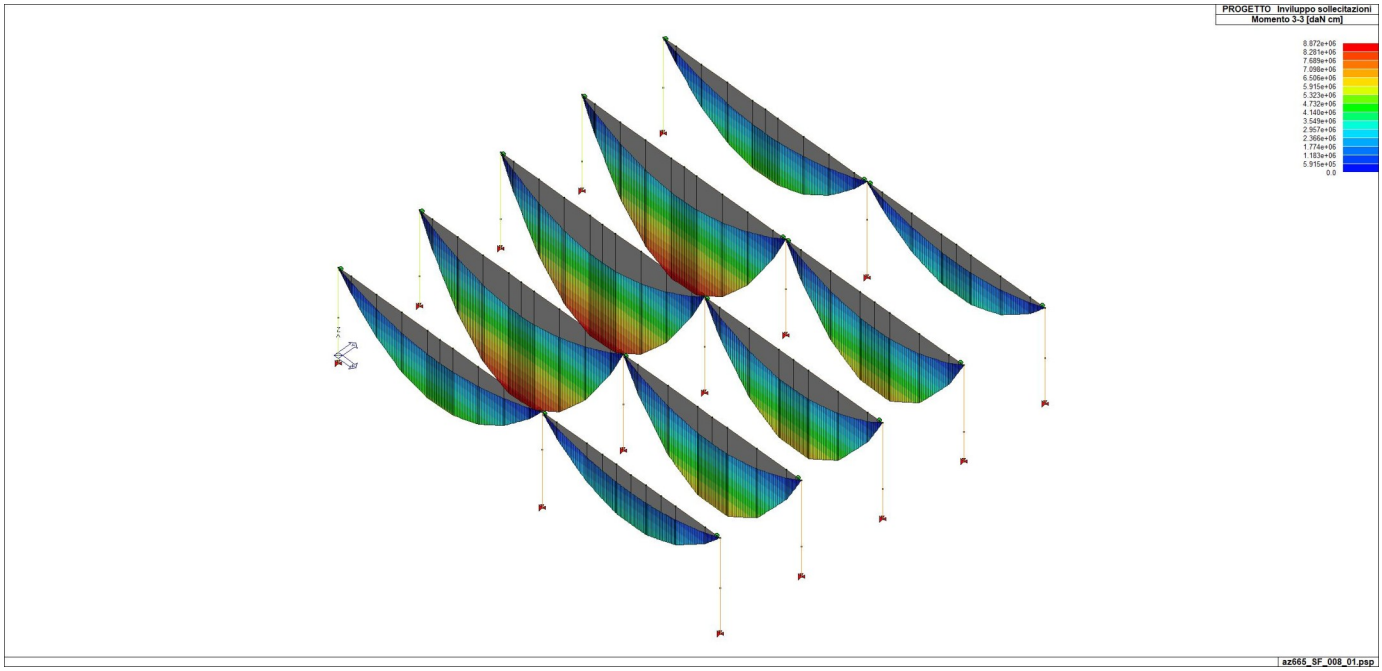
Di seguito si espongono gli esiti delle verifiche che evidenziano il superamento delle vulnerabilità preesistenti.

Verifica SLE dei pilastri

La vulnerabilità è superata a seguito dell'intervento di rinforzo alla base dei pilastri. Il software utilizzato non consente la visualizzazione dei risultati in forma grafica.

Verifica a flessione delle travi principali

Di seguito si riporta il diagramma di inviluppo del momento M3-3 delle travi principali.



Per risolvere le vunerabilità nei confronti dei carichi statici nelle sezioni prossime alla mezzeria si è provveduto a progettare rinforzi a flessione mediante applicazione di FRP posto nella misura e quantità idonea ad eliminare completamente le vulnerabilità agli SLU e a minimizzare le vulnerabilità nei confronti degli SLE, per i quali le NTC 2018 consentono, per le strutture esistenti anche se in Classe d'Uso IV, di riferirsi a condizioi di prestazione eventualmente inferiori a quanto previsto per le nuove costruzioni.

L'esito delle verifiche per lo stato di progetto riconduce a:
SLU flessione travi principali: $\zeta_{v,min} = 1{,}00$
SLE tensione lato acciaio travi principali: $\zeta_{v,min} = 1{,}11$

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

Vulnerabilità relative agli aspetti geotecnici

Le vulnerabilità relative agli aspetti geotecnici rimangono inalterate rispetto allo stato di fatto.

Riepilogo

In esito alla valutazione della sicurezza nei confronti delle azioni statiche si può quindi riassumere che per la struttura nello stato di fatto risulta:

ζ_v = 1,00.

Vulnerabilità dovute alla attivazione dei cinematismi nei muri di tamponamento

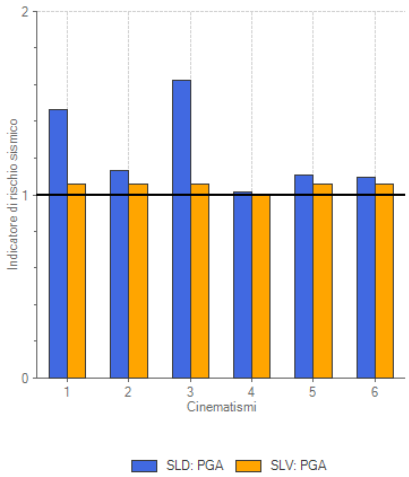
Risultati dei cinematismi analizzati:

n.	α0	PGA,CLD /PGA,DLD	TR,CLD /TR,DLD	PGA,CLV /PGA,DLV	TR,CLV /TR,DLV
1	0.349	1.462	2.836	1.061	1.304
2	0.264	1.135	1.388	1.061	1.304
3	0.388	1.626	3.965	1.061	1.304
4	0.243	1.016	1.060	1.003	1.018
5	0.264	1.107	1.328	1.061	1.304
6	0.261	1.095	1.274	1.061	1.304

n. = numero consecutivo del cinematismo
α0 = moltiplicatore di collasso
PGA,CLD / PGA,DLD = ζ,E,SLD,PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLD
TR,CLD / TR,DLD = ζ,E,SLD,TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLD
PGA,CLV / PGA,DLV = ζ,E,SLV,PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV
TR,CLV / TR,DLV = ζ,E,SLV,TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

Secondo All.A al D.M.14.1.2008, si considerano valori di TR compresi nell'intervallo [30,2475] anni. Se TR>2475 si pone TR=2475.
Se TR<30, con riferimento al Programma di ricerca DPC-ReLUIS (Unità di Ricerca CNR-ITC)
si adotta un'estrapolazione mediante una regressione sui tre valori di hazard ag(30), ag(50) e ag(75),
effettuata con la funzione di potenza: ag(TR)=k*TR^α.
Per il sito in esame risulta: K = 0.010674520, α = 0.451353980

Per l'Indicatore di Rischio Sismico in termini di TR si ha quindi un limite massimo pari a:
SLD: (2475/TR,DLD)=12.313
SLV: (2475/TR,DLV)=1.304



In esito alla valutazione della sicurezza nei confronti dei meccanismi locali di danno risulta:

$\zeta_{E,PGA,min}$ = 1,003.

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

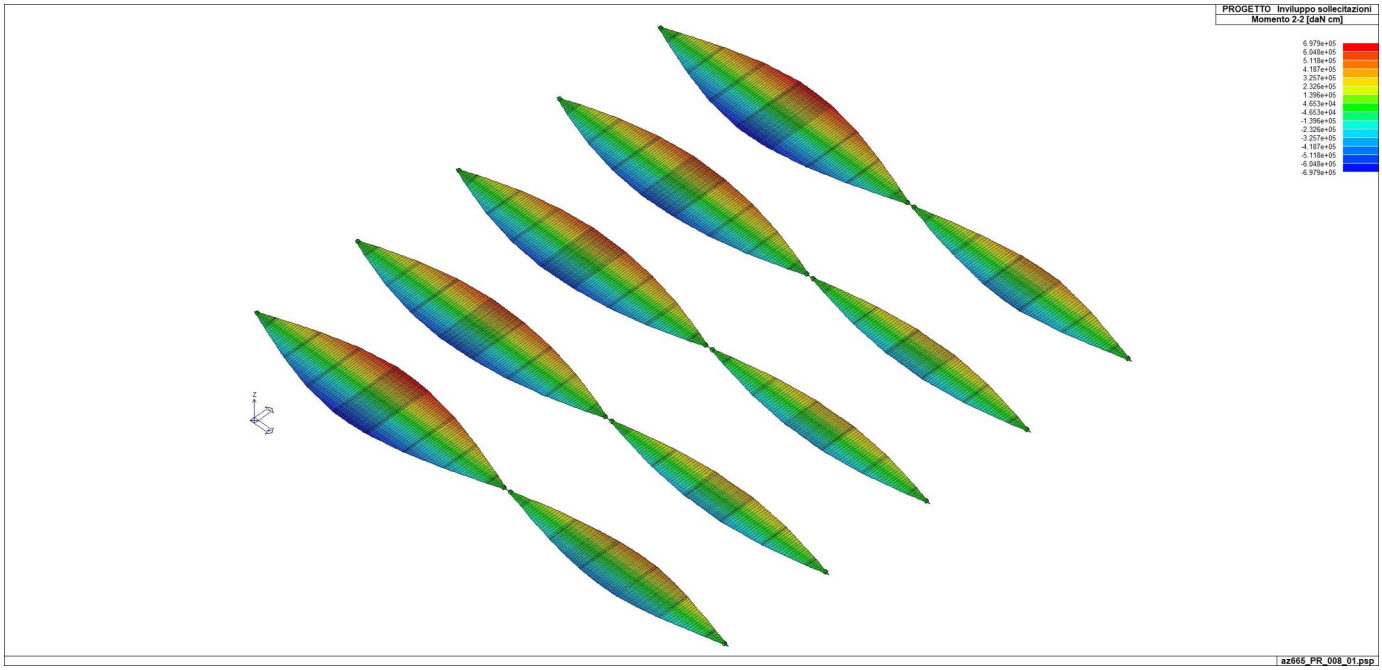
Vulnerabilità locali e globali dovute all'azione sismica

Assenza di collegamenti

Le opere in progetto prevedono la realizzazione di opere di collegamento tra gli elementi strutturali principali e tra questi e i muri di tamponamento, in grado di consentire alla struttura di sostenere le azioni sismiche in base alla capacità degli elementi strutturali stessi.

Vulnerabilità delle travi principali all'azione sismica

Di seguito si riporta il diagramma di inviluppo del momento M2-2 delle travi principali, per il quale l'azione che ne massimizza i valori è l'azione sismica.



Per risolvere le vunerabilità nei confronti dei carichi sismici nelle sezioni prossime alla mezzeria delle travi estenre della costruzione inizale, si provveduto a progettare rinforzi a flessione mediante applicazione di FRP posto nella misura e quantità idonea ad eliminare completamente le vulnerabilità agli SLV e a minimizzare le vulnerabilità nei confronti degli SLD, per i quali le NTC 2018 consentono, per le strutture esistenti anche se in Classe d'Uso IV, di riferirsi a condizioi di prestazione eventualmente inferiori a quanto previsto per le nuove costruzioni.

L'esito delle verifiche per lo stato di progetto riconduce a:

SLV flessione orizzontale travi principali: $\zeta_{E,min} = 1/1{,}02 = 0{,}980 \approx 1$.

Tale valore, prossimo all'unità e relativo ad una sola combinazione di carico, si ritiene accettabile ai fini dell'adeguamento sismico dell'edificio.

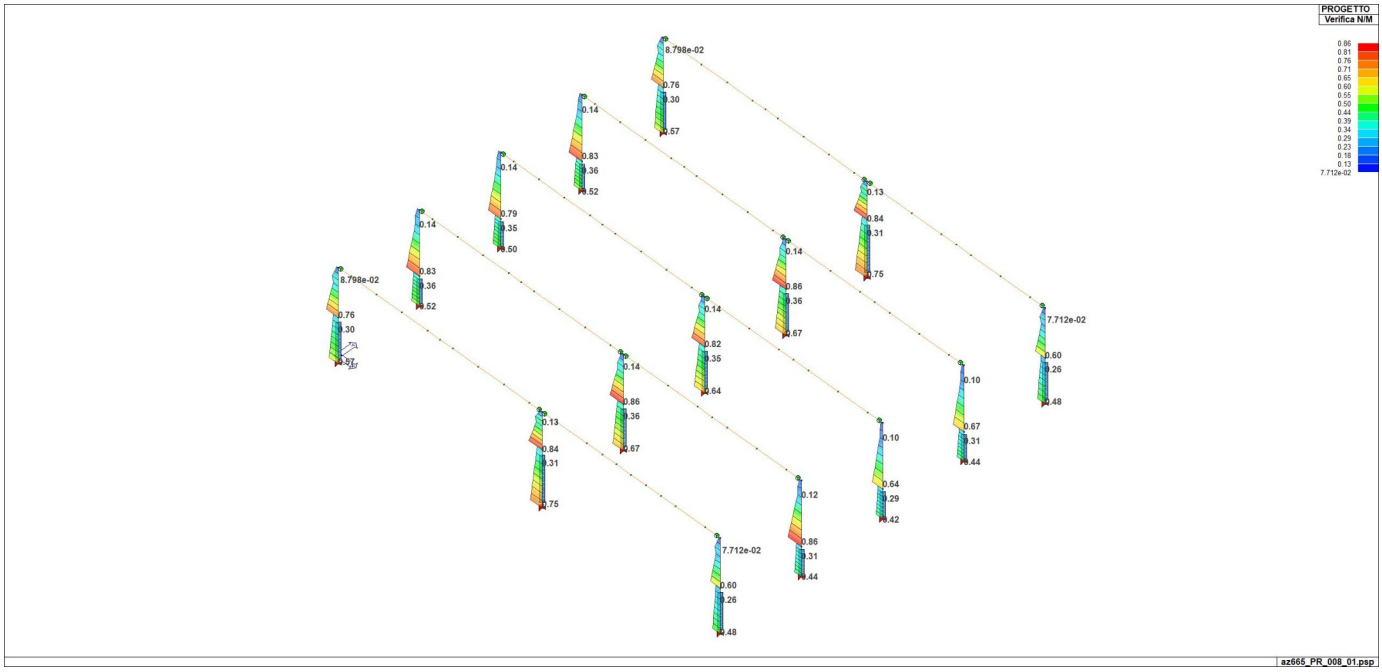
Agli stati limite di esercizio (SLD), la medesima sezione risulta verificata.

Le travi principali centrali della costruzione iniziale e tutte le travi principali della zona di ampliamento risultano invece verificate.

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

Vulnerabilità dei pilastri a pressoflessione con azione sismica

L'esito delle verifiche dei pilastri agli stati limite ultimi con presenza di azione sismica è riepilogato nella figura seguente.



Gli esiti della verifica N/M evidenziano come per i pilastri la configurazione di progetto consenta di raggiungere, all'SLV, un tasso di lavoro massimo pari a 0,86.

SLV pressoflessione pilastri: $\zeta_{E,min}$ = 1/0,86 = 1,16.

Riepilogo e calcolo degli indicatori di rischio sismico per l'analisi sismica

Di seguito si riepilogano le vulnerabilità riscontrate:

ANALISI STATICA - SLU flessione travi principali	$\zeta_{v,min}$ = 1,00
ANALISI SISMICA – Cinematismi pannelli murari di tamponamento	$\zeta_{E,min}$ = 1,00
ANALISI SISMICA - SLV flessione orizzontale travi principali:	$\zeta_{E,min}$ = 1,00
ANALISI SISMICA - SLV pressoflessione pilastri:	$\zeta_{E,min}$ = 1,16

Da cui deriva che:
la capacità statica della struttura di è pari a $\zeta_{v,min}$ = 10,,
la capacità sismica per meccanismi locali nello stato di fatto è pari a $\zeta_{E,min}$ = 1,00
la capacità sismica globale della struttura per azioni sui suoi elementi strutturali è pari a $\zeta_{E,min}$ = 1,00

Capacità della struttura in termini di Vita Nominale; Tempo di intervento

Dati in input (domanda):
Classe d'uso della costruzione (§2.4.2): IV
Coefficiente d'uso della costruzione (§2.4.2, 2.4.3) C_U: 2.0
Vita Nominale V_N (§2.4.1): 100 anni
Vita di Riferimento (§2.4.3) $V_R = V_N * C_U$: 200 anni
PV_R per SLV (definita in input): 10 %

Risultati dell'analisi (capacità):
TR_{CLV} (anni) = 1898 anni
Dalla relazione: $TR = -V_R / \ln(1-PV_R)$, ponendo $TR = TR_{CLV}$ e assumendo PV_R per SLV definita in input, segue la

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

capacità della struttura in termini di Vita di Riferimento (V_{RC}) e quindi di Vita Nominale, ossia il Tempo di intervento $T_{INT} = (TR_{CLV}/C_U) * \ln(1-PV_R)$:
V_{RC} (anni) = 200 anni
T_{INT} (anni) = 100 anni

Parma, 23 settembre 2024

Il Progettista
Ing. Alessandro Zaccarini