

Comune di Arcole

Provincia di Verona

**ADEGUAMENTO SISMICO E  
RISTRUTTURAZIONE DEL  
FABBRICATO ORIGINARIO  
DELLA SCUOLA PRIMARIA DI  
GAZZOLO D'ARCOLE**

**PROGETTO  
DEFINITIVO - ESECUTIVO**

C.U.P. N° J66D12000520005

Progetto generale

Ferrigato ing. Mirko



SAIFEM11  
Architettura  
e Ingegneria  
Via Caserio, 6  
37020 Cusiole,  
Somme campagna  
Verona  
Tel./Fax 04551 6028  
saifem11@gmail.com  
www.saifem11.com  
Professionisti Associati  
architetto  
Formalà Massimo  
massimo.formala@gmail.com  
ingegnere  
Ferrigato Mirko  
ferrigato.mirko@gmail.com  
320/21.1.30.84

**4.1**

**ADEGUAMENTO SISMICO  
RELAZIONE SISMICA  
E SULLE FONDAZIONI**

Progetto	1305	File	1305E_R41_A.docx
Data	20.10.2013	Modifiche	emissione

**INDICE**

1. PREMESSA .....	3
2. DESCRIZIONE EDIFICIO ESISTENTE.....	4
3. ADEGUAMENTO ANTISISMICO - INTERVENTI DI PROGETTO.....	7
4. PARAMETRI GEOTECNICI .....	9
5. FONDAZIONI .....	10
6. ANALISI DELLE AZIONI .....	12
7. CONCLUSIONI .....	12

## 1. PREMESSA

L'Amministrazione comunale - ritenendo prioritaria la salvaguardia dei giovani alunni - anche alla luce dei gravi e notevoli eventi sismici avvenuti nella pianura padana nel maggio 2012, ha voluto rendere adeguato sismicamente l'edificio esistente, realizzato nel 1968, dopo aver realizzato l'ampliamento ex novo nell'anno 2012.

La presente relazione sismica e sulle fondazioni ha come oggetto la illustrazione delle misure adottate per l'adeguamento antisismico della porzione originaria della scuola primaria di Gazzolo d'Arcole, in provincia di Verona. Tale porzione è staticamente indipendente dalla porzione realizzata ex novo nell'anno 2012.

La presente relazione costituisce anche la relazione sulle fondazioni in quanto illustra le caratteristiche del terreno di fondazione e la tipologia della fondazione della scuola esistente, congruente con le finalità e gli obiettivi della normativa sismica vigente.



Figura 1: Valori medi della muratura della torretta superiore, in KN - m

## 2. DESCRIZIONE EDIFICIO ESISTENTE

Dell'edificio originario realizzato nel 1968 sono stati eseguiti accurati sopralluoghi, con rilievo geometrico e strutturale delle opere strutturali e di finitura, rilievo fotografico, saggi sulle pavimentazioni del piano rialzato per individuare lo spessore del pacchetto di pavimentazione (risultato essere di 9 cm, tra pavimento finito e grezzo solaio) e ricerca di documentazione di progetto nell'archivio comunale, il tutto come riportato negli elaborati di progetto.

La porzione di scuola esistente originaria, oggetto di indagine, è costituita da un edificio ad un unico piano, di pianta pseudo rettangolare di dimensioni 20 x 25 metri circa. L'edificio scolastico è stato costruito nell'anno 1968 su progetto dell'ingegnere comunale Piccoli.

Sono presenti n. 5 aule didattiche di dimensioni nette 6 x 6 metri e aule servizi – bagni e vani accessori – disposti perimetralmente, attorno un salone centrale di dimensioni 8 x 13 m, con un soffitto rialzato di 1.50 m rispetto a quello delle aule.

Le aule hanno soletta di copertura a quota +4.40 m, il salone ha una soletta di copertura a +5.90 m, entrambi impermeabilizzati con caldana di pendenza, guaina e ghiaia di protezione

Sono presenti n. due orizzontamenti:

- Solaio piano rialzato, a quota + 75 da piano campagna
- Solaio piano copertura, alta (salone centrale) e bassa (aule didattiche)

Procedendo dal basso sono presenti le seguenti strutture.

**Fondazione:** con plinti 140 x 140 cm in corrispondenza dei pilastri (mutuamente collegati) e cordolo di fondazione di dimensioni 65 x 87 cm; rialzo del cordolo di fondazione di dimensioni 30 x 75. Il tutto in c.a. gettato in opera di resistenza verosimilmente equiparabile a C20/25.

**Primo solaio:** a quota + 75 in laterocemento da 25 cm, impostato sui muri di fondazione, con travi di rinforzo in corrispondenza dei muri di tamponamento portati a piano rialzato. Sono presenti cordoli armati perimetrali.

**Pilastri:** le strutture verticali portanti sono realizzate in pilastri di dimensioni 30 x 30 cm, armati con 4dn14 e staffati con dn6/25 cm, posti ad interassi non regolari normalmente da 3 a 6 m di luce.

**Solaio di copertura bassa:** la copertura delle aule didattiche è realizzata con solaio in laterocemento di spessore cm 25; sono presenti travi fuori spessore di dimensione varia normalmente 30 x 40 cm (vedi tavole di progetto), oltre a cordoli e gronda perimetrale

**Torrino di copertura:** sul salone centrale il soffitto è rialzato di 1.50 m rispetto alla copertura delle aule, con muratura in "monticel" come recita la relazione del D.L., lo stato finale e la relazione del collaudatore – bimattoni – di spessore cm 45, con finestre di dimensioni 90 x 70 cm su tre lati, est, sud e ovest.

**Solaio di copertura alta:** la copertura del salone centrale è realizzata con solaio in laterocemento di spessore cm 25; sono presenti cordoli e gronda perimetrale.

Le elevazioni sono tutte realizzate in c.a. gettato in opera di resistenza verosimilmente equiparabile a C25/30.

**Tamponamenti:** sono stati condotti saggi e misure per rilevare la qualità dei tamponamenti interni e esterni. Quest'ultimi sono realizzati con muri a doppia cassa con paramento esterno in laterizio da 12 cm, acne faccia vista,e una paramento interno in laterizio forato da 12 cm, con interposto vuoto da 18 cm e strato isolante di lana di vetro appesa alla parete interna del tamponamento esterno, di spessore da cm 4. I muri interno sono realizzati a doppia cassa o in muro laterizio pieno.

Le tavole di progetto riportano le armature e le dimensioni delle strutture esistenti come rilevato negli atti di contabilità e di progetto originario del 1968 rinvenuti nella archivio comunale.

**In sede di cantiere, con l'inizio dei lavori, il Direttore Lavori dovrà avere cura di verificare i suddetti assunti, caratteristici e alla base del presente calcolo statico, e nel caso non fossero confermati, interpellare il Progettista.**

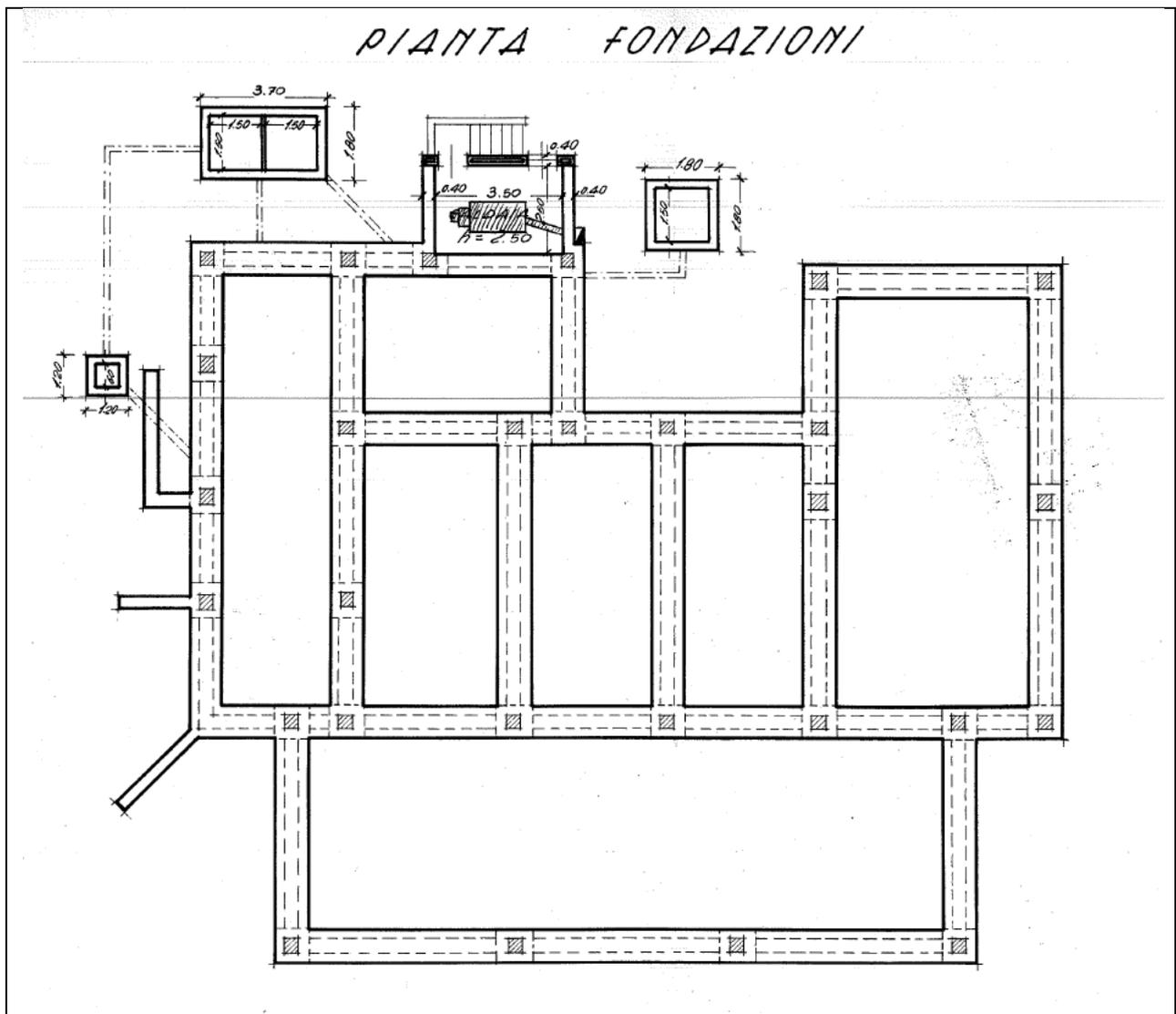


Figura 2: pianta fondazioni – planimetria originaria 1968

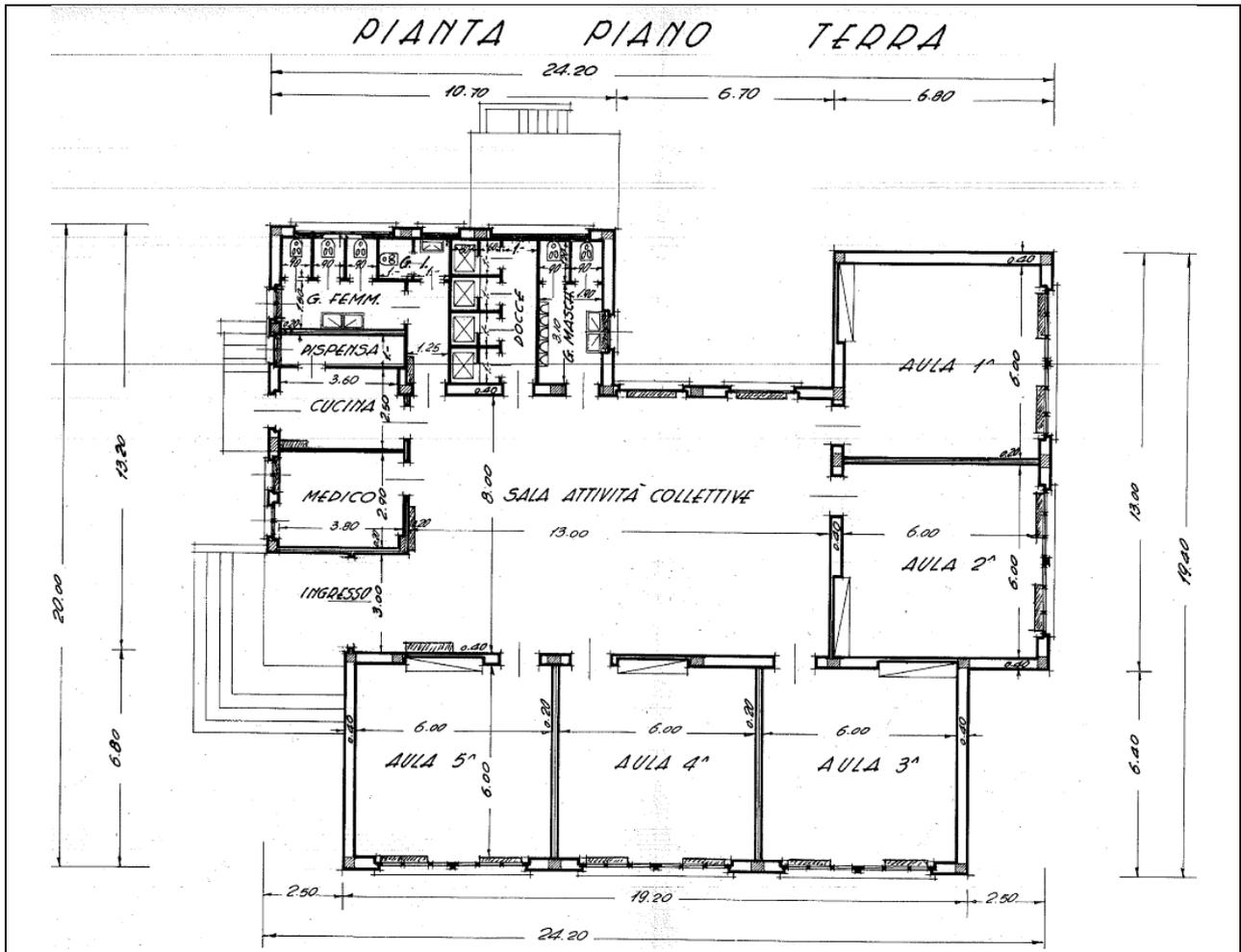


Figura 3: Valori medi della muratura della torretta superiore, in KN - m

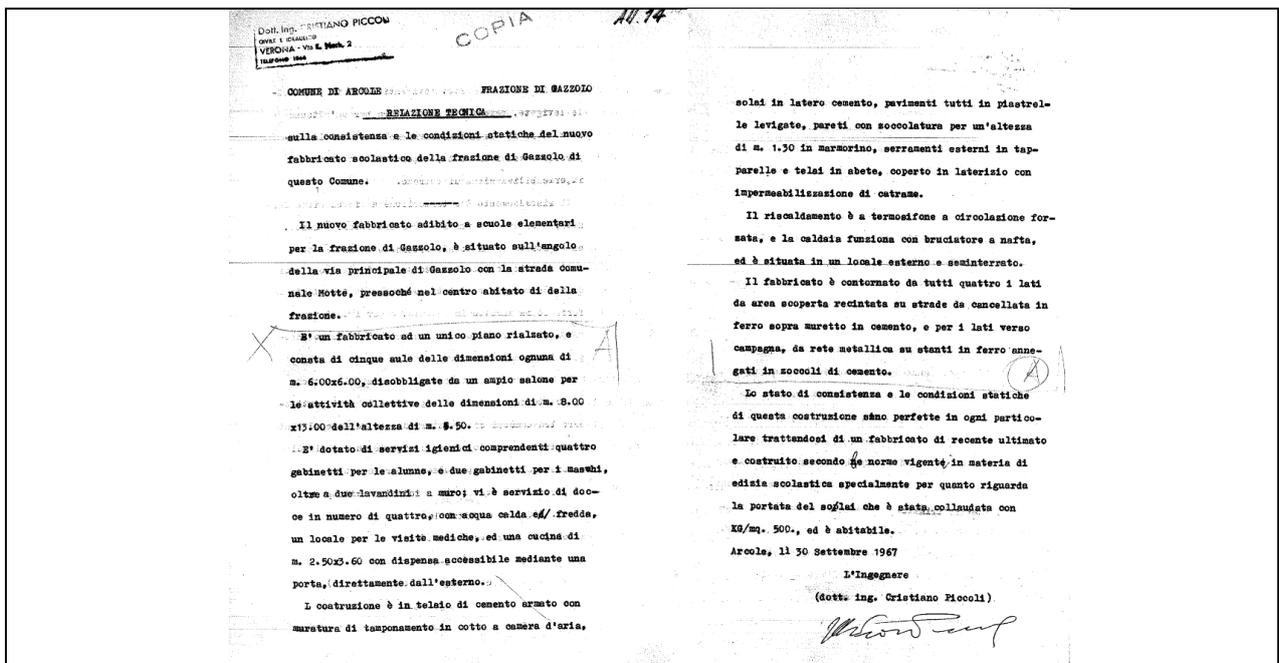


Figura 4: Relazione del D.L. sul Conto Finale dei lavori - 1968

### 3. ADEGUAMENTO ANTISISMICO - INTERVENTI DI PROGETTO

Dall'indagine strutturale sismica è risultato che l'edificio allo STATO ATTUALE presenta un coefficiente di sicurezza o indicatore di rischio (rapporto tra Capacità e Domanda) pari a 0.238 e pertanto è sismicamente inadeguato, in quanto inferiore all'unità e in particolare ha una capacità di resistere a solo il 23.8% del sisma di progetto previsto dalla normativa vigente per il sito in oggetto.

Per adeguare sismicamente la struttura esistente alla Normativa secondo il D.M. 14.01.2008, l'indicatore sintetico dell'analisi strutturale dovrà essere portato ad un valore maggiore o uguale a 1.00, per mezzo di adeguati e puntuali interventi sulle strutture.

Le operazioni di adeguamento antisismico effettuate sull'edificio la conseguenza della verifica e del verosimile soddisfacimento dei seguenti criteri:

- comportamento scatolare tridimensionale unitario dell'edificio oggetto di calcolo, senza interazioni con l'edificio scolastico nuovo del 2012;
- collegamento dei solai alle strutture portanti verticali;

Gli interventi di adeguamento sismico sono pertanto così progettati:

- Inserimento di setti antisismici in c.a. - adeguatamente armati, sia per resistenza che per duttilità - che contribuiscono in maniera determinante a resistere alle forze orizzontali orizzontali indotte dal sisma
- Riduzione del periodo proprio di vibrazione in direzione X , per ridurre il possibile effetto di martellamento con l'edificio esistente, senza aumentare troppo la rigidità complessiva dell'edificio – primo periodo modale - che comporterebbe un aumento delle forze sismiche indotte ( il primo modo in direzione X è il 3°)
- Inserimento dei setti antisismici presso il salone centrale, e privilegiando le pareti addossate alla nuova scuola 2012, per diminuire le demolizioni
- Collegamento dei setti antisismici alla fondazione continua inferiore e alle travi di coronamento della copertura superiore, con inghisaggi con resina epossidica certificata per c.a. (verifica accettazione materiali D.L.)
- Svincolamento a biella – cerniera inferiore + cerniera superiore – dei pilastri esistenti – ove non fossero verifica secondo la nuova normativa D.M. 14.01.2008 – in quanto debolmente armati. Si è valutato il rafforzamento di tutti i pilastri esistenti – in alternativa ai setti – ma l'analisi economica è stata penalizzante rispetto alla soluzione adottata in progetto.
- Verifica che le fondazioni fossero mutamente interconnesse come richiesto dalla normativa vigente (verifica condotta tramite ricerca di archivio comunale).

Sono stati pertanto inseriti n. 7 setti antisismici :

- n. 6 di dimensioni 100 x 30 cm, setto addossato e collegato a singolo pilastro esistente 30x30
- n. 1 di dimensioni 170 x 30 cm , setto addossato e collegato a coppia pilastri esistenti 30x30



## 4. PARAMETRI GEOTECNICI

Il terreno di fondazione è individuato nella relazione geologica – geotecnica, redatta dal dott. geol. Alberto Co' dello Studio Nucci e Associati di Verona (vedi elaborato ALL. 1.3 del progetto esecutivo a cui si rimanda per approfondimenti).

Dallo studio emerge che “ ... il rilievo dei luoghi non ha evidenziato significativi elementi di criticità, in atto o quiescente, di natura geomorfologica, geologica o idrogeologica... ” .

Non vi è evidenza di cedimenti o deformazioni accentuate delle strutture reali.

Non sono previsti appesantimenti particolari della struttura in oggetto, a causa delle opere previste in appalto, ma, in ogni caso, sono state calcolate e verificate le capacità portante delle fondazioni e del terreno di fondazione (relazione geologica – geotecnica (ALL. 1.3) e relazione sismica di calcolo (ALL. 4.2) del progetto esecutivo.

La tipologia delle fondazioni esistenti sono state individuate consultando gli archivi del progetto originario del 1968 e di esse si è verificato la congruenza con le nuova normativa vigente D.M. 14.01.2008, come riportato nella relazione sismica di calcolo.

## 5. FONDAZIONI

Nel calcolo strutturale dell'edificio si è assunto un coefficiente di Winckler pari a 5 kg/cmq congruente con le indicazioni contenute nella relazione geologica geotecnica indicata e con la tipologia delle fondazioni della scuola originaria del 1968, costituita da un graticcio di travi continue di fondazione di altezza

- Cordolo di fondazione, circa  $B=65 \times H=87$  cm
- Plinti di fondazione in corrispondenza dei pilastri, circa  $140 \times 140$  cm,  $H=87$
- Muro di rialzo continuo del cordolo continuo di fondazione, circa  $B=30 \times H=100$  cm

A costituire un sistema interconnesso fortemente iperstatico e rigido come richiesto dalla normativa vigente.

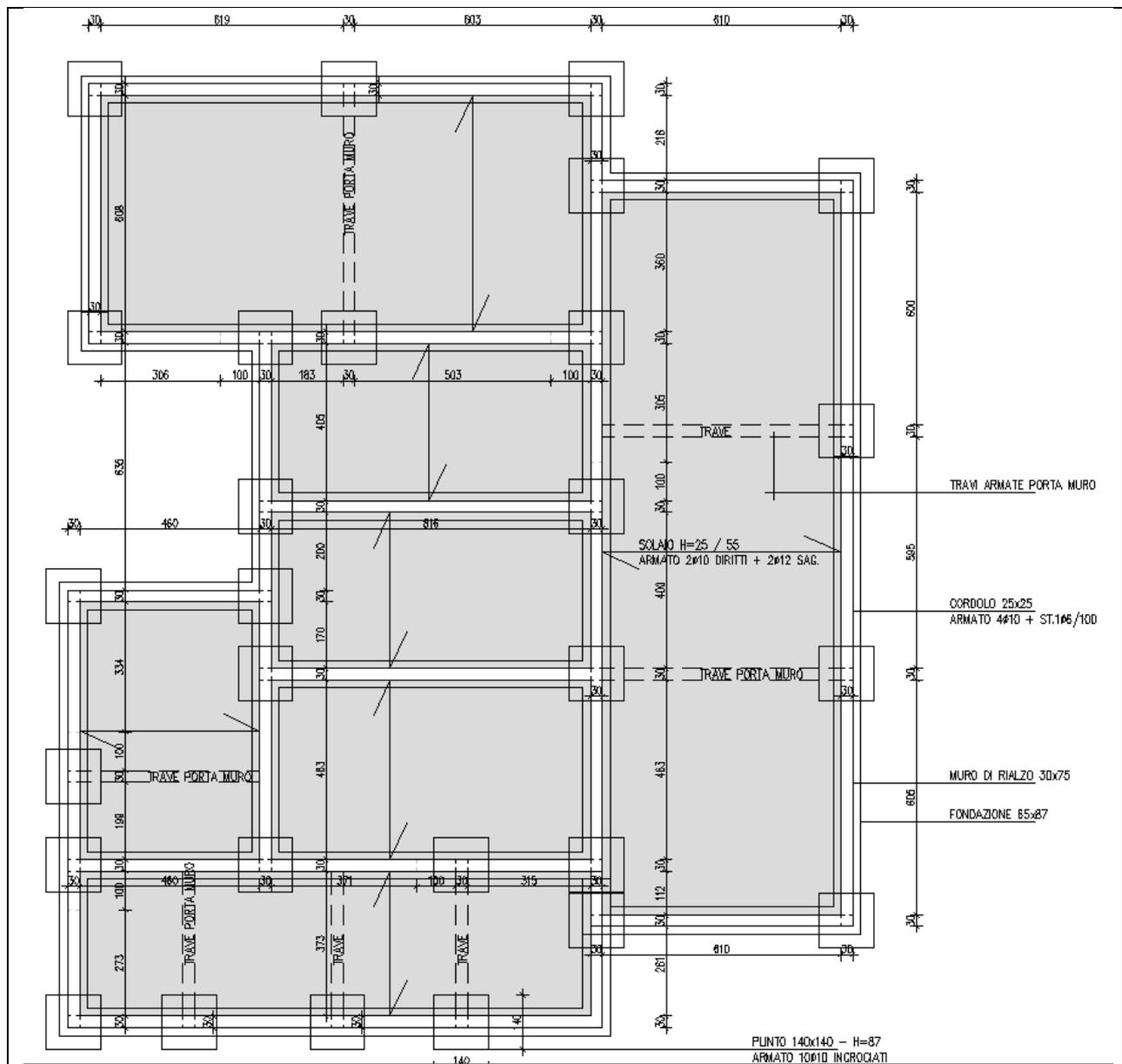


Figura 6: Planimetria delle fondazioni e dei solaio portato del piano rialzato

Al paragrafo delle NTC 2008 par. 7.2.5.1 "Collegamenti orizzontali tra fondazioni", si prescrive di tenere conto della presenza di spostamenti relativi del terreno di fondazione sul piano orizzontale e dei possibili effetti da essi indotti nella sovrastruttura.

Il requisito si ritiene soddisfatto se le strutture di fondazione sono collegate tra loro da un reticolo di travi, o da una piastra dimensionata in modo adeguato, in grado di assorbire le forze assiali conseguenti. In assenza di valutazioni più accurate, si possono conservativamente assumere le seguenti azioni assiali:

- $\pm 0,4 N_{sd} a_{max} / g$  per il profilo stratigrafico di tipo C

dove  $N_{sd}$  è il valore medio delle forze verticali agenti sugli elementi collegati, e  $a_{max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito.

Nel ns. caso

- $N_{sd} = 8 * 6 * 6 = 300 \text{ kN}$
- $S = 1.473$
- $a_g = 0.227 \text{ g}$
- $a_{max} = a_g * S = 0.227 \text{ g} * 1.473 = 0.334 \text{ g}$

da cui

$$0.4 * N * a_{max} = 0.4 * 300 * 0.334 = 40 \text{ kN}$$

È verosimile che il cordolo sia armato almeno con

$$A_s = N / \sigma = 40 * 100 / (4400 / 1.15) = 1.05 \text{ cm}^2 \text{ di acciaio,}$$

corrispondente ad almeno 2 dn 8 di armatura corrente

## 6. ANALISI DELLE AZIONI

Solaio p. rialzato

- peso proprio  $g = 3.00 \text{ kN/mq}$
- sovraccarico permanente  $p = 2.0 \text{ kN/mq}$
- sovraccarico accidentale  $q = 3.0 \text{ kN/mq}$

Solaio p. copertura

- peso proprio  $g = 3.00 \text{ kN/mq}$
- sovraccarico permanente  $p = 2.50 \text{ kN/mq}$
- sovraccarico accidentale  $q = 1.50 \text{ kN/mq}$

## 7. CONCLUSIONI

Il Peak ground acceleration (PGA) è la misura della massima accelerazione del suolo indotta dal terremoto e registrata dagli accelerometri. Diversamente dalla scala Richter, che misura l'ampiezza globale di un terremoto, il PGA misura l'intensità di un terremoto in una singola area geografica.

La misura del PGA può essere vista come una misura strumentale di ciò che la scala Mercalli misura con quanto riportato da persone sulla gravità del sisma. Normalmente il valore del PGA e quello della scala Mercalli sono ben correlati.

Il PGA si può misurare in g (l'accelerazione di gravità) o, più correttamente anche se usato con meno frequenza, in  $\text{m/s}^2$ .

In base al valore massimo del PGA misurato o prevedibile su bedrock, il territorio italiano era suddiviso in quattro zone sismiche:

zona 1:  $0.25g < \text{PGA} \leq 0.35g$

zona 2:  $0.15g < \text{PGA} \leq 0.25g$

zona 3:  $0.05g < \text{PGA} \leq 0.15g$

zona 4:  $\text{PGA} \leq 0.05g$

In un spettro di risposta elastico, il PGA coincide con il valore dell'accelerazione spettrale  $S_e(T)$  quando il periodo proprio di oscillazione dell'oscillatore elementare di riferimento è pari a  $T=0$  poiché in questo caso l'oscillatore è infinitamente rigido e pertanto ha la stessa accelerazione del terreno.

**Per la scuola originaria 1968 nello STATO DI FATTO di Gazzolo d'Arcole (zona 3) la PGA è pari a 0.227.**

**A seguito dell'adeguamento sismico STATO DI PROGETTO si sono ottenuti i seguenti risultati.**

**Indicatori di rischio: Rapporto fra capacità e domanda:**

**- in termini di PGA**

$$IR_{SLO} = 4.985 = (PGA_{CLO} / PGA_{DLO})$$

$$IR_{SLD} = 1.253 = (PGA_{CLD} / PGA_{DLD})$$

$$IR_{SLV} = 1.000 = (PGA_{CLV} / PGA_{DLV})$$

**- in termini di  $T_R$ : ( $TR_C / TR_D$ )<sup>a</sup>**

**> con  $a=1$ :**

$$IR_{SLO} = 55.000 = (TR_{CLO} / TR_{DLO})$$

$$IR_{SLD} = 1.680 = (TR_{CLD} / TR_{DLD})$$

$$IR_{SLV} = 1.000 = (TR_{CLV} / TR_{DLV})$$

Poiché:

- L'indicatore di rischio sismico I.R. è maggiore o uguale a 1.00
- Tutti i pilastri sono staticamente e sismicamente verificati
- Tutti i solai sono staticamente e sismicamente verificati
- Gli spostamenti della struttura solo hanno valori entro i limite previsti dalla normativa vigente
- E' previsto un giunto sismico con l'edificio addossato di ampiezza sufficiente per evitare martellamenti , si conclude che

**l'edificio – allo STATO DI PROGETTO – è SISMICAMENTE ADEGUATO secondo la normativa vigente D.M. 14.01.2008.**