

## Costruzione di un fabbricato plurifamiliare in muratura armata

Nicola Canal

*La muratura armata, alla luce delle recenti modifiche introdotte nella classificazione sismica del territorio nazionale e dell'evoluzione delle normative tecniche per le costruzioni, viene riproposta come sistema costruttivo in grado di offrire la soluzione ottimale, e non solo dal punto di vista statico, per la realizzazione di edifici di medio-piccola dimensione in zona sismica.*

*L'articolo che segue ne vuole illustrare le peculiarità con riferimento ad una interessante realizzazione.*

*L'articolo è corredato da numerose immagini e foto con lo scopo di fornire anche una illustrazione visiva del percorso costruttivo seguito.*

### Premessa

Ci si riferisce alla costruzione di un'abitazione plurifamiliare, in muratura armata, eseguita in zona sismica S=9 (Zona 2 secondo la nuova classificazione sismica del territorio) [fig. 1].



Fig. 1 - Vista planimetrica dell'intervento.

Dal punto di vista sismico l'intervento si inquadra globalmente nella categoria "C" ("*Strutture in muratura o m.a.*" - art. 28 della L.R. Veneto n. 6 del 5.2.1996), in quanto la tipologia strutturale "prevalente" è quella della muratura armata. Ma, nella fattispecie, si tratta di una struttura "mista" ai sensi del D.M. 16/1/1996 - punto C.5.4, con deposito valido quindi anche per la Legge n. 1086/1971.

Dal momento che la struttura in esame è del tipo "misto" muratura armata - c.a., vanno sottolineati i seguenti aspetti del progetto:

- le forze sismiche sono assorbite interamente dai setti in muratura armata [fig. 2];
- i due pilastri interni in c.a. hanno dimensioni tali da non interferire sismicamente con i setti in m.a. e pertanto possono essere considerati come dei "puntoni" soggetti solo alle azioni di natura statica verticale.

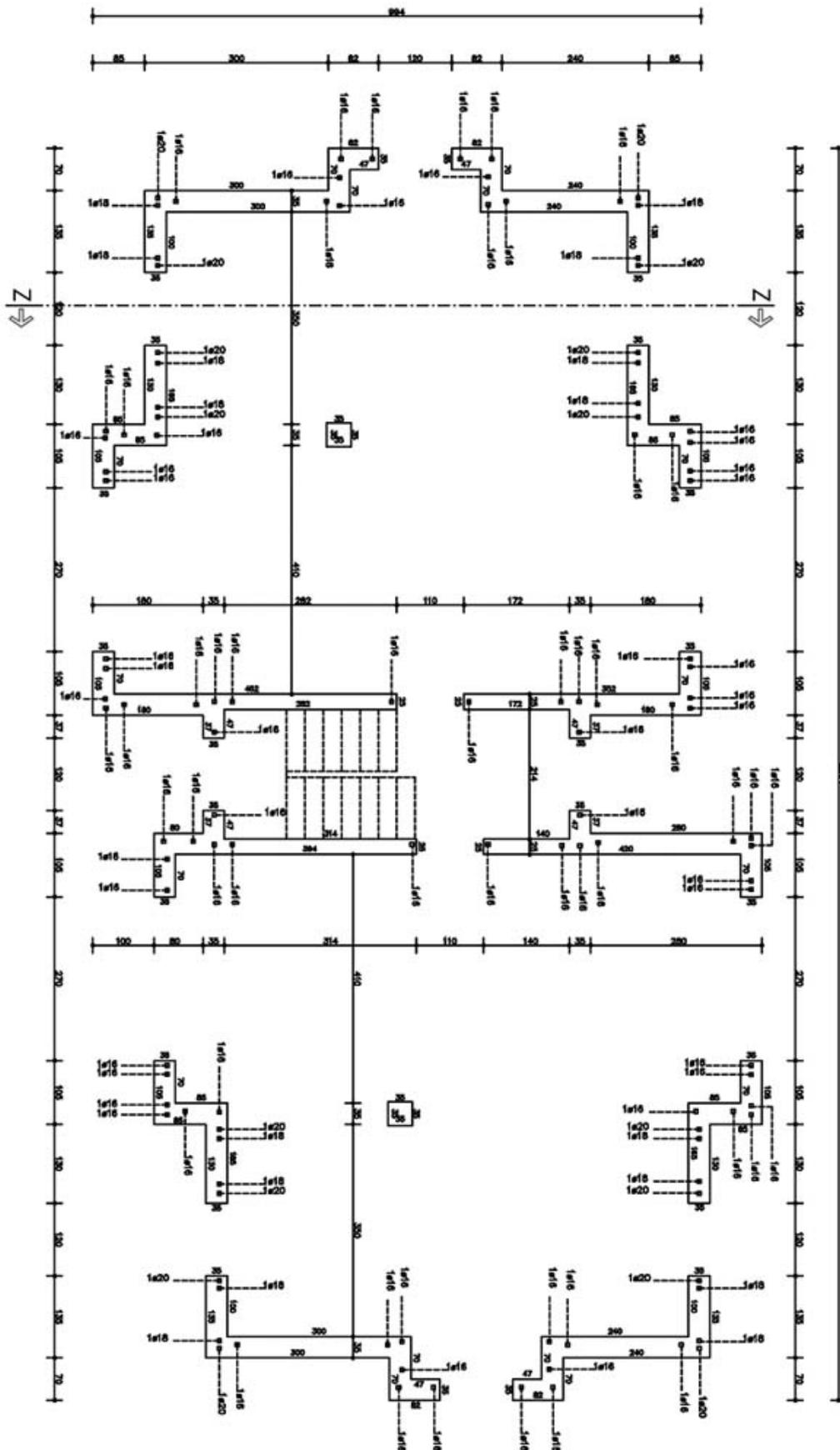


Fig. 2 - Pianta dei setti in muratura armata del piano terra.

### Descrizione del fabbricato

Il fabbricato in oggetto è formato dall'accoppiamento di due moduli "quadrati" leggermente sfalsati tra loro. Le dimensioni globali di ingombro in pianta sono di circa 20,7x11 metri.

Il fabbricato è costituito da un piano interrato in c.a., da due piani fuori terra e da un sottotetto parzialmente abitabile [figg. 3, 4, 5, 6].

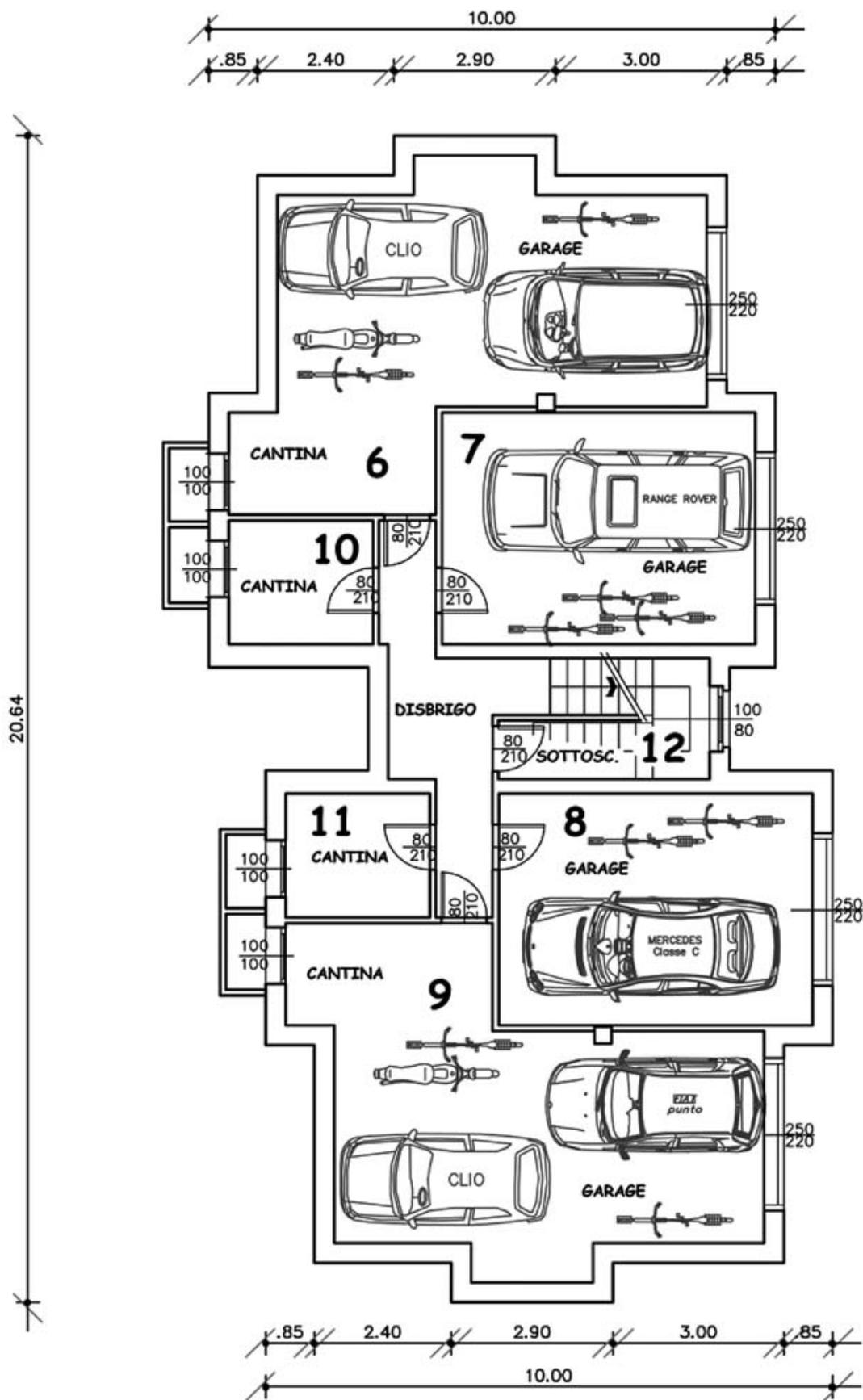


Fig. 3 - Pianta piano seminterrato.

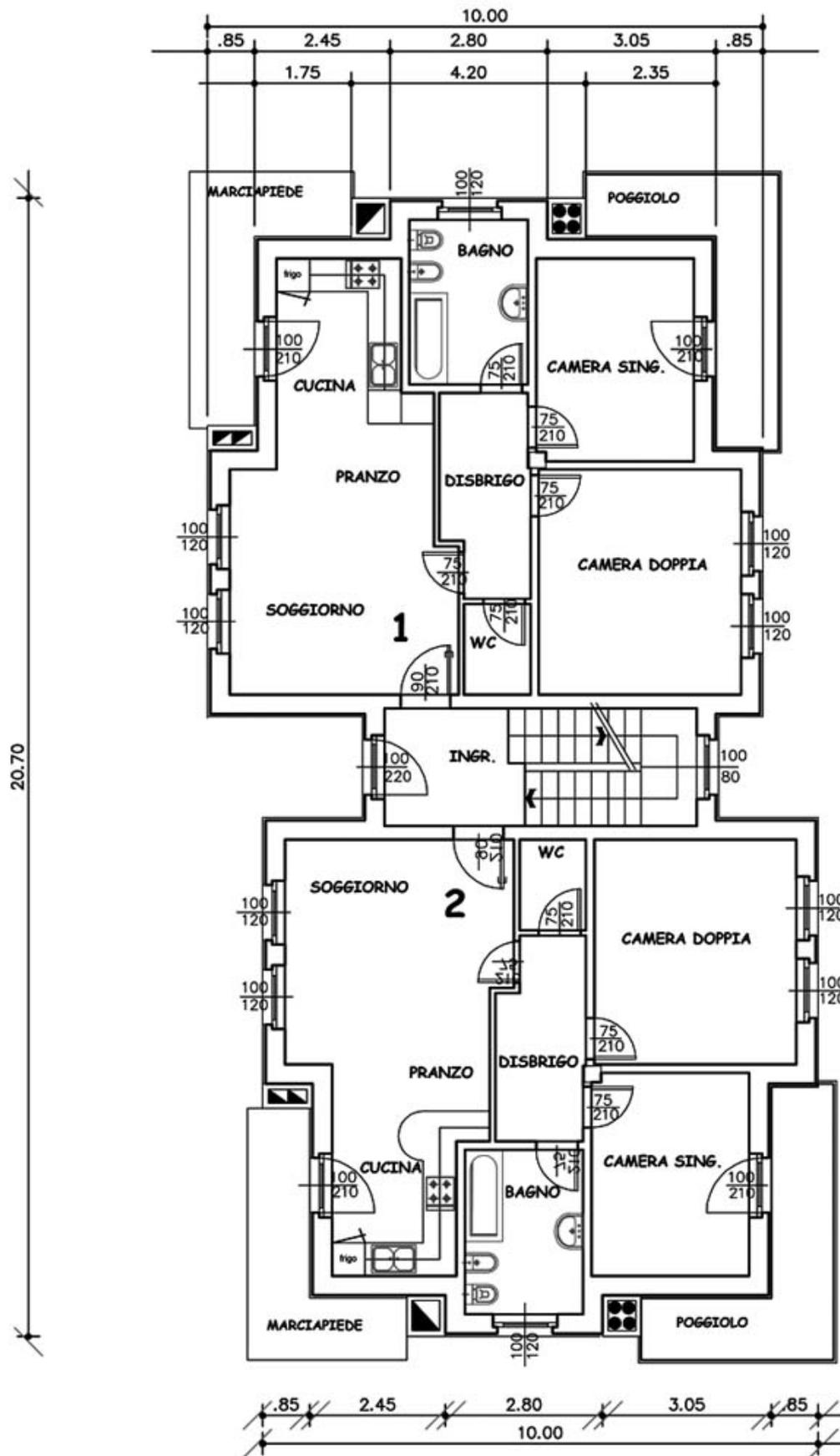


Fig. 4 - Pianta piano terra.

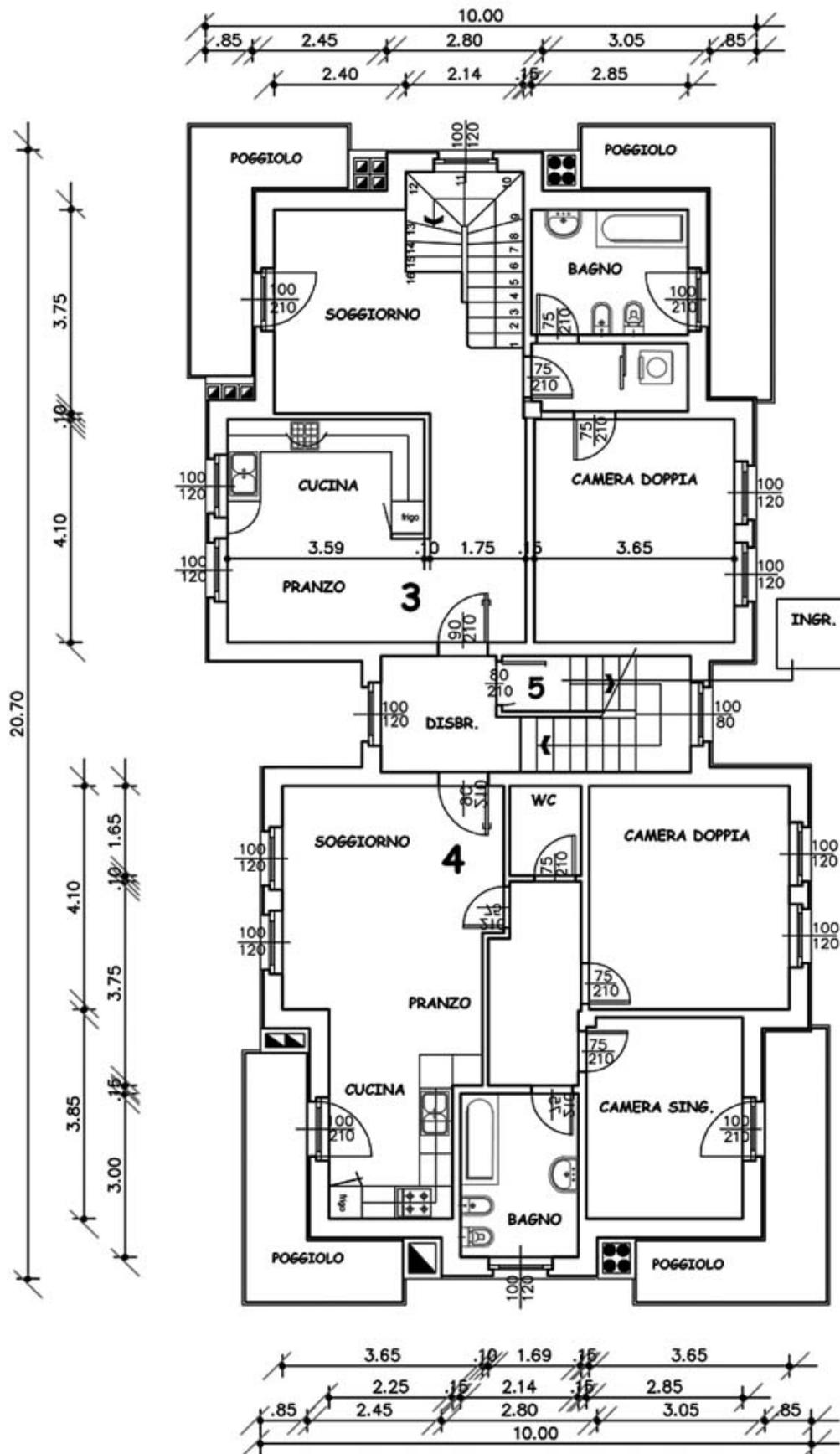


Fig. 5 - Pianta piano primo.

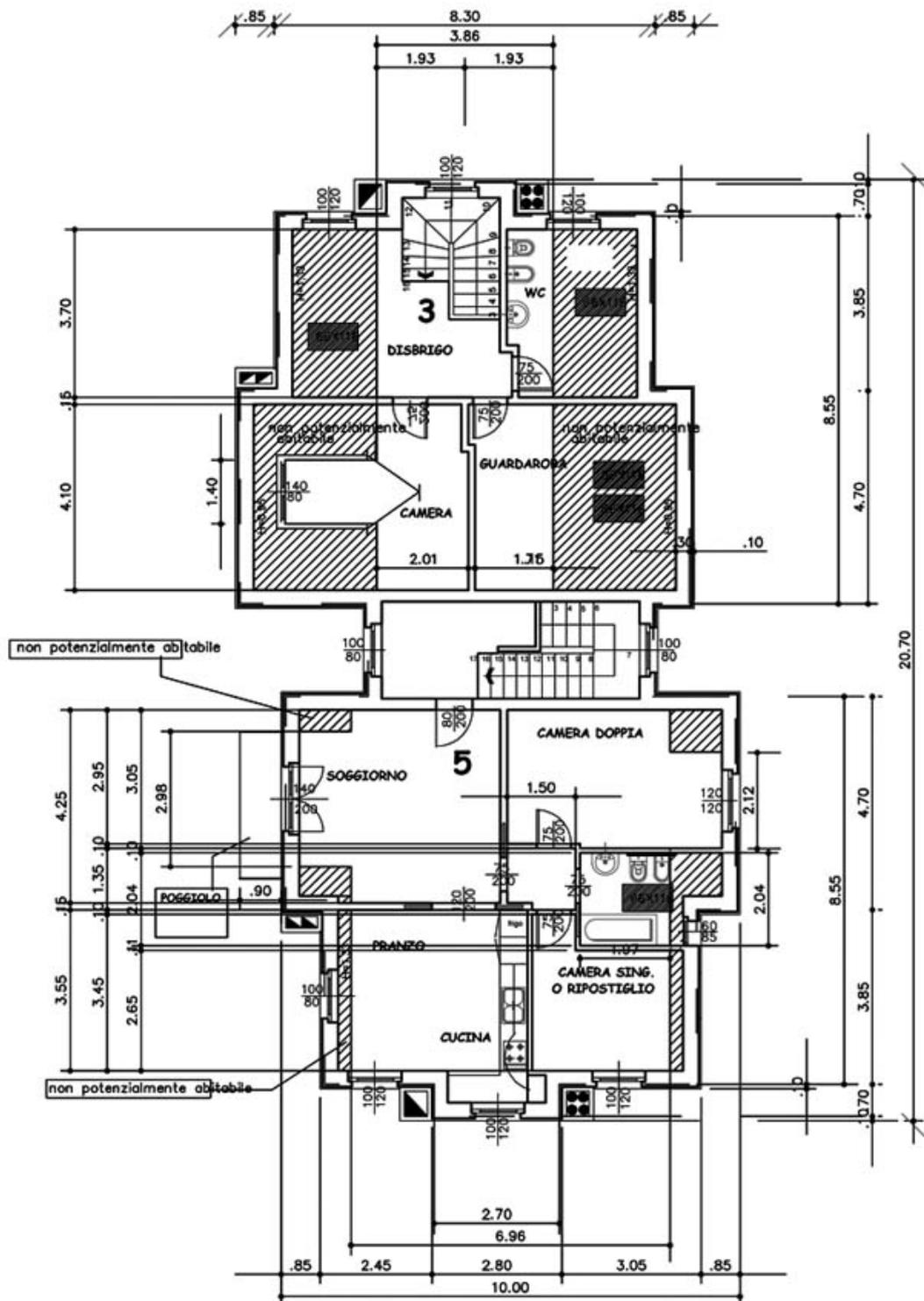


Fig. 6 - Pianta piano secondo sottotetto.

Complessivamente la struttura presenta simmetria lungo entrambe le direzioni principali, considerando anche il lieve disassamento delle due parti principali (circa un metro). Ne risulta un corpo di fabbrica che presenta una buona aderenza tra centro di massa e di rigidezza e non è quindi soggetto ad azioni torcenti significative, tenuto conto anche che il rapporto D/B risulta inferiore a 2.

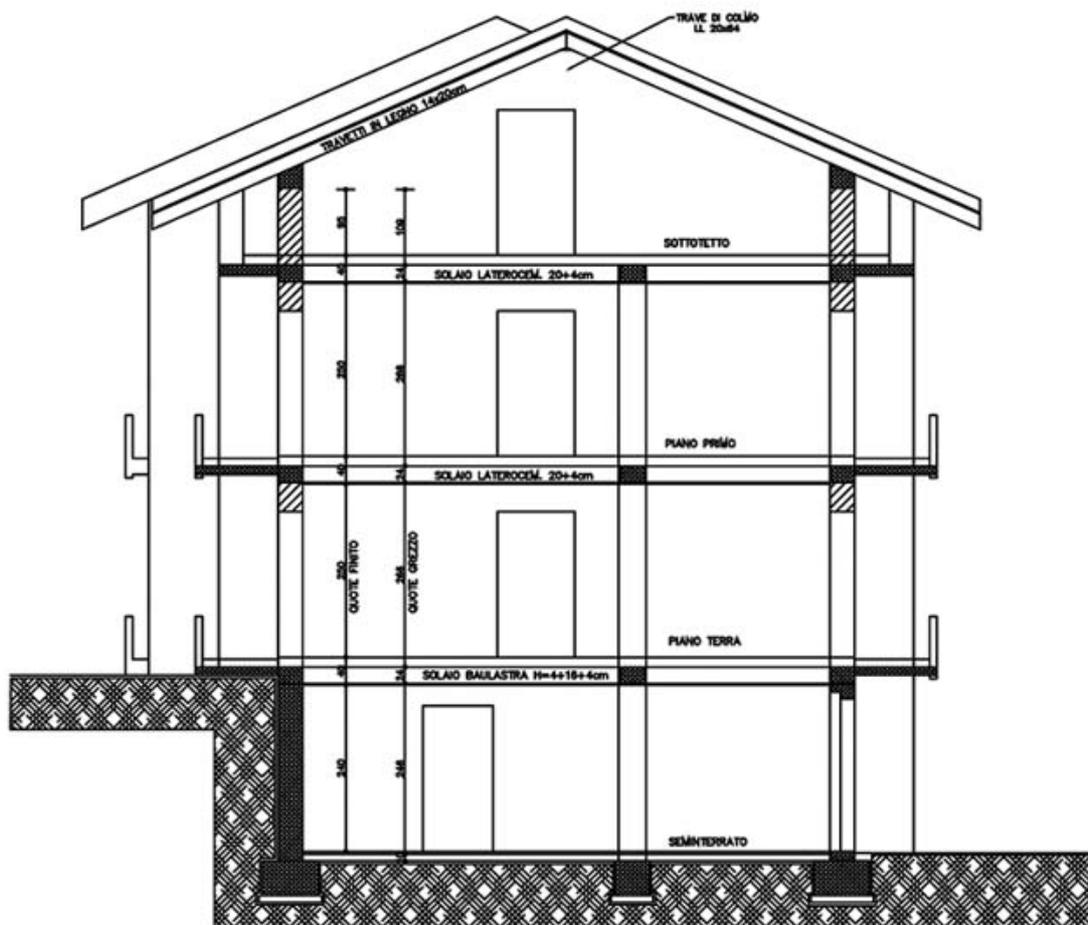


Fig. 7 - Sezione del fabbricato.

La distanza minima dalla strada comunale più vicina, ai sensi del D.M. 16/1/1996 punto C.3, risulta di circa 14 metri: per tale distanza il succitato decreto impone un'altezza massima pari a:

$$H_{max} = 11 + 3 \times (14-11) = 20 \text{ metri}$$

di gran lunga superiore a quella effettiva del fabbricato misurata all'imposta del piano di falda che risulta di circa 7 metri [fig. 7].

Nella fattispecie si hanno così:

- fondazione a graticcio di trave continua a sezione rettangolare di c.a. [fig. 8];
- piano interrato in c.a. avente lo stesso spessore delle sovrastanti murature armate;
- struttura portante in muratura armata per i piani fuori terra, con pilastri interni in c.a.;
- solai in latero-cemento con H = 4+16+4 cm, a lastra tralicciata per il piano terra;
- solai a travetto e pignatta "bausta" H = 20+4 cm, in latero-cemento, per i due piani superiori;
- travi portanti interne e relativi incatenamenti in c.a. nello spessore del solaio;
- scale e terrazze in c.a.;
- copertura non spingente in legno (travetti 14x18 interasse 70 cm) con travi di colmo originariamente costituite da profilo in acciaio IPE 400. In fase realizzativa, questa tipologia di colmo è stata sostituita da una robusta (ed esteticamente migliore) trave in legno lamellare con sezione 20x64 cm.



Fig. 8 - Le fondazioni, costituite come in tutti gli edifici in muratura portante da un reticolo di travi rovesce, sono state realizzate nell'intervento qui descritto utilizzando i casseri a perdere "FlashFond".



Fig. 9 - I ferri di chiamata dal piano interrato sono stati posizionati con una operazione di "inghisaggio" utilizzando apposite resine antiritiro. Questo tipo di operazione permette di posizionare le barre con la massima precisione in corrispondenza dei fori per l'alloggiamento delle armature predisposti nei blocchi POROTON®. In generale è possibile in alternativa prevedere ferri di chiamata già posizionati prima del getto delle pareti in c.a. del seminterrato.

Per quanto riguarda i setti in muratura armata le prescrizioni principali sono state le seguenti:

- la muratura è stata eseguita con l'uso dei blocchi semipieni "POROTON®" dotati di appositi fori per l'alloggiamento delle armature (spessore 35 e 30 cm);
- ogni setto ha una armatura verticale (calcolata) ed orizzontale pari ad almeno lo 0,04% della sezione lorda relativa: le armature verticali sono normalmente costituite da barre poste ai lembi del pannello (diametro  $\varnothing 16 \div 20$  mm) mentre le armature orizzontali sono costituite da staffe chiuse  $\varnothing 6$  mm disposte ogni due corsi di blocchi;
- le staffe impiegate sono state ottenute ritagliando la staffa da rete ELS  $\varnothing 6/20 \times 20$  cm;
- le armature verticali sono state adeguatamente ancorate alla base delle murature e prolungate sino all'ultimo cordolo in elevazione, con lunghezza di sovrapposizione pari a circa 50 diametri. Per l'ancoraggio al cls esistente sono stati realizzati fori adeguatamente ripuliti di profondità non inferiore a 30 cm. Entro tali fori sono state alloggiare le barre facendo uso di di resine epossidiche bicomponenti, tipo UPAT UPM [fig. 10];
- i solai di piano sono stati considerati sufficientemente rigidi per ripartire l'azione sismica tra i setti in proporzione alle loro rigidità: allo scopo si utilizzano solai in latero-cemento ed a lastra dotati di completa cordolatura in c.a. (perimetrazione e fori per vani scale etc.) come previsto dalle norme vigenti.

### Obiettivi antisismici

Partendo dalla constatazione che la geometria del progetto architettonico non era modificabile, anche se dotata di buona regolarità sia in pianta che in elevazione, nel redigere il progetto e nel far realizzare l'opera è stata prestata particolare attenzione ai seguenti punti:

- uso di un sistema costruttivo portante duttile, quale quello della muratura armata POROTON® realizzata in opera;
- particolare attenzione alla progettazione dei telai interni (struttura mista) ed alla geometria dei loro collegamenti e degli appoggi alle murature perimetrali (cfr. "Cenni sul modello di calcolo");
- utilizzo di tramezze interne non portanti, al fine di ridurre le masse strutturali. Analoga attenzione è stata posta nell'uso di massetti/caldane non strutturali a basso peso specifico;
- realizzazione di copertura in legno lamellare, quindi a bassa massa sismica, non spingente, dotata di efficaci collegamenti asismici tra le varie sottostrutture poste in opera;
- eliminazione dal progetto originale, con le "varianti di modesta entità", di parti architettoniche (non strutturali), poste a sbalzo nell'ultimo solaio.

### Cenni sul modello di calcolo

Il calcolo della struttura portante in muratura armata è stato realizzato con codice di calcolo "WinWall" di CR Soft di Verona. I telai interni sono stati verificati con codice di calcolo F.E.M. "Civilsoft" della "ASG" di Piacenza (ambito elastico-lineare).

Le pareti ed i solai, in latero-cemento, sono tali da poter ipotizzare un comportamento spaziale di tipo scatolare: ciò in virtù del fatto che le pareti sono disposte secondo le due direzioni principali ed i solai sono in grado di funzionare come lastre dalla deformabilità trascurabile nel proprio piano secondo l'ipotesi di "infinita rigidità". Questi ultimi hanno così lo scopo di trasmettere gli sforzi di taglio alle prime in ragione proporzionale alla loro rigidità.

Nel calcolo di ripartizione delle forze orizzontali è stato utilizzato, a favore della sicurezza, lo schema cosiddetto a "mensole accoppiate" nel quale [fig. 10]:

- i setti resistenti sono caratterizzati da uno schema a "mensola isostatica" in cui si tiene conto sia della deformabilità tagliante che flessionale;
- i solai si comportano come bielle infinitamente rigide di collegamento tra i setti e sono considerati infinitamente rigidi nel proprio piano;
- non viene tenuto conto dell'effetto di intersezione dei muri.

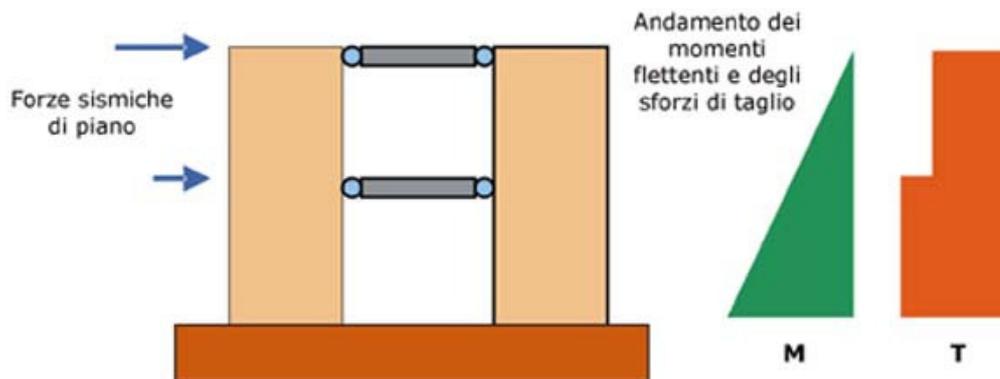


Fig. 10 - Schema semplificato di calcolo, detto "dell'articolazione", a mensole accoppiate.

Per quanto attiene alla verifica a pressoflessione e taglio dei vari setti, si impiegano le stesse ipotesi principali di calcolo utilizzate per le strutture in c.a. e cioè (secondo il metodo delle tensioni ammissibili):

- conservazione delle sezioni piane;
- resistenza nulla a trazione della muratura;
- aderenza perfetta tra acciaio e muratura.

Per quanto attiene al piano interrato di fondazione, in calcestruzzo armato, si vogliono evidenziare i seguenti punti:

- esiste un elevato rapporto tra la rigidità del c.a. e quella della muratura ( $E_c/E_m \geq 6$ );
- la resistenza meccanica del calcestruzzo è, quindi, di molto superiore a quella della muratura;
- per la struttura scatolare di fondazione si può ipotizzare uno schema di vincolo ad incastro-incastro per le parti verticali;
- la struttura in c.a. è vincolata dal terreno per le oscillazioni prodotte dalle forze d'inerzia.

Per quanto sopra ipotizzato ne consegue che non risultano necessarie verifiche localizzate particolari ed il blocco scatolare in c.a. può così costituire un valido vincolo di "incastro" per la parte muraria in elevazione.

Per quanto attiene infine ai telai interni, essi sono stati verificati, come già detto, per le sole forze statiche, anche se i pilastri sono stati armati, ed in particolare staffati, come se soggetti comunque ad un'aliquota di forza orizzontale, il tutto a favore della sicurezza.

Particolare attenzione è stata posta ai collegamenti tra diversa tecnologia (m.a. e c.a.), alla compatibilità degli spostamenti ed alla ripartizione dei carichi verticali.

Nella fattispecie:

- le travi interne di piano, in spessore (90x24 cm), sono sostenute centralmente da un pilastro in c.a. con sezione 40x40 cm ed appoggiano lateralmente su una robustissima muratura ad angolo dotata, grazie alla forma, di elevata rigidità in entrambe le direzioni principali individuate in pianta;
- le travi in spessore sono abbondantemente armate a taglio agli appoggi (staffe doppie), anche allo scopo di garantire (eventualmente) una buona duttilità in campo post-elastico. Peraltro, ogni telaio interno è dotato anche di trave di collegamento trasversale, sui due versi, con sezione 30x24 cm; tale travata, oltre a garantire un ottimo collegamento e ad "incatenare" il solaio, contribuisce ad una ripartizione dei pesi anche nella direzione normale a quella di tessitura dei travetti;
- anche se le murature d'appoggio risultano ampiamente verificate a livello di calcolo, in fase di D.L. è stata prestata particolare attenzione alla realizzazione di codeste parti murarie.

### Diario fotografico dell'intervento

Al fine di fornire anche una adeguata illustrazione "visiva" circa le modalità che caratterizzano la realizzazione di un edificio in muratura armata, si riportano, a completamento di quanto già illustrato, le foto delle fasi salienti inerenti l'intero processo costruttivo seguito nella costruzione dell'edificio descritto.



Fig. 11 - Il pilastro in c.a. all'interno della struttura muraria.



Fig. 12 - Posa del primo corso di blocchi: i blocchi possono essere preventivamente posizionati "a secco" per individuarne il corretto posizionamento in relazione alle posizioni di armatura previste, oppure per procedere all'inghisaggio dei ferri di chiamata. Successivamente si procede alla loro posa con malta.



Fig. 13 - Costruzione della struttura in muratura armata: vengono disposte le barre di armatura, opportunamente giuntate, e si procede nella posa dei corsi di blocchi, provvedendo al riempimento con malta dei fori in cui alloggiavano le armature verticali.

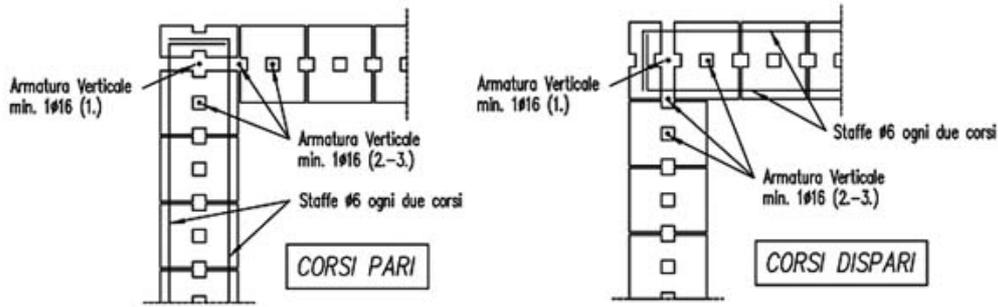


Fig. 14 - Con la muratura armata POROTON® si possono realizzare strutture in zona sismica con setti murari disposti lungo il perimetro del fabbricato e pilastri in c.a. all'interno in modo da permettere la massima libertà nella distribuzione degli spazi interni.



Fig. 15 - Prospetti dell'edificio.

SCHEMA INDICATIVO PER LA REALIZZAZIONE DEGLI ANGOLI  
IN MURATURA ARMATA CON BLOCCHI POROTON CON FORO CENTRALE



SCHEMA INDICATIVO PER LA REALIZZAZIONE DI INTERSEZIONI A "T"  
IN MURATURA ARMATA CON BLOCCHI POROTON CON FORO CENTRALE

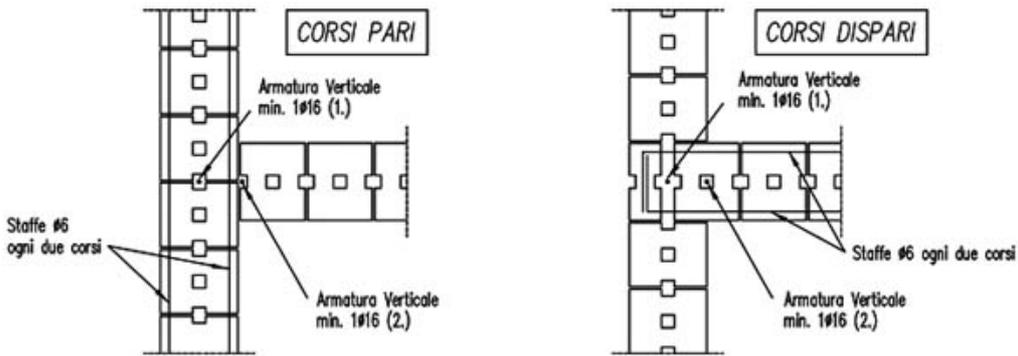


Fig. 16 - Posizionamento delle armature verticali ed orizzontali: lo schema evidenzia come disporre le staffe orizzontali ogni due corsi di blocchi per evitare sovrapposizioni in corrispondenza di angoli od intersezioni tra muri.

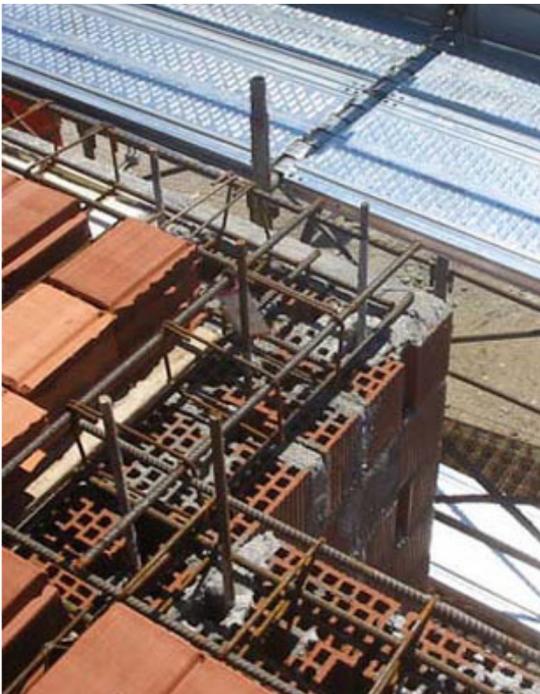


Fig. 17, 18 - I cordoli in c.a. devono essere disposti al di sopra di tutte le murature, con le caratteristiche geometriche e di armatura minima previste dal D.M. 16/1/1996.



*Figg. 19, 20 - Fasi di avanzamento nella costruzione delle pareti in muratura armata.*



*Figg. 21, 22 - Particolari della struttura del solaio di copertura posizionata sulla muratura.*



*Fig. 23 - Particolare dell'appoggio di una trave in c.a. sulla muratura perimetrale.*



*Fig. 24 - Vista del cantiere durante la realizzazione delle strutture di copertura.*



*Figg. 25, 26 - Vista dell'edificio nelle fasi finali di costruzione.*



*Fig. 27 - Disposizione delle armature per i cordoli in corrispondenza delle teste delle murature al di sotto della copertura.*



*Fig. 28 - Fasi di posa della struttura in legno della copertura.*



*Fig. 29 - Particolare dei giunti di malta: la malta deve essere disposta sia nei giunti orizzontali, sia in quelli verticali.*

Dati generali	Edificio ad uso residenziale, plurifamiliare, sviluppato su due piani fuori terra e sottotetto, con piano interrato in c.a. Dimensioni in pianta circa 20,7x11,0 m. Altezza all'imposta di falda da p.t. circa 7 m
Tipologia strutturale	Edificio con struttura di Muratura Armata in opera mista a telaio interno in c.a.
Ubicazione cantiere	S. Giustina (Belluno), località Casabellata (Via Mas)
Grado di sismicità	S = 9 (Zona 2)
Committente	Impresa GIAZZON Antonio, S. Giustina (BL)
Progettista architettonico	Per. Ind. Claudio MEZZOMO, S. Giustina (BL)
D.L. architettonico e prog. varianti architettoniche	Per. Ind. Silvano FRESCURA, S. Giustina (BL)
Calcoli e D.L. strutturale	Dott. Ing. Nicola CANAL, S. Giustina (Belluno)
Costruttore	Impresa GIAZZON Antonio, S. Giustina (BL)
Blocco impiegato	Blocchi POROTON® per muratura armata, spessori 35 e 30 cm
Malta	Fassa Bortolo MM100, tipo M2/M1 (allettamento), con miscela Rck $\geq$ 150 daN/cm <sup>2</sup> per riempimento fori alloggiamento armature
Acciaio per M.A./c.a.	Acciaio FeB44K ad alta duttilità tipo HD Pittini
Calcestruzzo	Rck 30 MPa per fondazioni ed elevazioni
Miscele ancoranti	Tipo UPAT UPM 33/44
Fornitore materiali sistema M.A.	"La Bellunese Ferro" snc, Pieve d'Alpago (Belluno)
Fondazioni	Dirette a graticcio con travi rettangolari di c.a.
Solai	- a lastre tralicciate "Predalle" H = 4+16+4 cm per il piano terra - in latero-cemento tipo "Bausta" H = 20+4 cm per il piano sottotetto
Sbalzi e scale	Soletta di calcestruzzo armato s = 12/15 cm
Piano interrato o semint.	In c.a. debolmente armato, con spessore muri sovrastanti
Copertura	In travi 14x20 e colmi 20x64 cm, tutte di legno lamellare