

Cristian Angeli

SISTEMI COSTRUTTIVI A PARETI PORTANTI IN CEMENTO ARMATO

ICF - INSULATING CONCRETE FORMS

Tipologie, caratteristiche, applicazioni,
esempi di progetti, normative

Con il patrocinio di



© Copyright Legislazione Tecnica 2018

La riproduzione, l'adattamento totale o parziale, la riproduzione con qualsiasi mezzo, nonché la memorizzazione elettronica, sono riservati per tutti i paesi.

Finito di stampare nel mese di gennaio 2018 da
Stabilimento Tipolitografico Ugo Quintily S.p.A.
Viale Enrico Ortolani 149/151 - Zona industriale di Acilia - 00125 Roma

Legislazione Tecnica S.r.L.
00144 Roma, Via dell'Architettura 16

Servizio Clienti
Tel. 06/5921743 - Fax 06/5921068
servizio.clienti@legislazionetecnica.it

Portale informativo: www.legislazionetecnica.it
Shop: tshop.legislazionetecnica.it

Il contenuto del testo è frutto di un'accurata analisi della normativa e dell'esperienza maturata nel corso degli anni dagli Autori. Le opinioni contenute nel testo sono quelle dell'Autore, in nessun caso responsabile per il loro utilizzo. Il lettore utilizza il contenuto del testo a proprio rischio, ritenendo indenne l'Autore da qualsiasi pretesa risarcitoria.

L'editore, espletate tutte le ricerche in merito ai detentori dei diritti delle immagini riprodotte nel presente volume, rimane a disposizione per i compensi dovuti agli aventi diritto.

INTRODUZIONE

L'arte del costruire si è evoluta nei secoli sulla base della rilevazione sperimentale, o piuttosto occasionale, del buon funzionamento delle opere già realizzate, oppure per l'inventiva di pochi costruttori che, guidati dall'intuizione, hanno concepito nuove geometrie e nuove soluzioni.

La sicurezza strutturale e la sostenibilità ambientale del costruito rappresentano, in questo momento particolarmente impegnativo per il nostro paese, visti gli eventi sismici che hanno colpito il Centro Italia nel 2016, temi di fervida discussione nel mondo dei professionisti e delle imprese, soggetti coinvolti nell'ennesimo complesso ciclo di ricostruzione di migliaia di edifici fortemente danneggiati o distrutti dal sisma.

La principale esigenza, la più sentita senza dubbio, è la necessità per le persone che hanno perso molto, o addirittura tutto, di riacquistare quella dignità gravemente ferita, attraverso la ricostruzione delle proprie abitazioni e dei propri luoghi di lavoro per ridare linfa a quei tessuti socio-economici dilaniati dai terribili eventi che li hanno, non solo in senso metaforico, fortemente scossi.

Dobbiamo però avere a disposizione idonei strumenti di lavoro che, dalla fase di progettazione fino a quella di esecuzione delle opere, guidino gli attori della ricostruzione in questo ambizioso e complesso processo. Tutto questo oggi è possibile, grazie anche al grande lavoro svolto nei settori della ricerca e dello sviluppo di nuove tecnologie che ormai da anni coinvolgono tecnici, aziende, imprese di costruzioni ed istituzioni, nei settori cardine dell'edilizia: strutture, finiture ed impianti.

I sistemi costruttivi *“a pareti portanti in cemento armato realizzate mediante casseri in polistirolo”*, seguendo questa genesi, sono nati e si sono sviluppati prendendo *“il buono”* delle tecniche del passato (che non a caso privilegiavano le pareti massive), ma ponendosi in una prospettiva futura di ottimizzazione dei processi edilizi, di risparmio energetico e di sicurezza antisismica.

Costruire con setti portanti in calcestruzzo realizzati con casseri a perdere in EPS rappresenta quindi una tecnologia solo in parte innovativa, poiché i materiali che compongono il sistema (calcestruzzo, acciaio e polistirolo) sono ormai da decenni la base fondante della nostra cultura costruttiva.

L'innovazione, se così si può dire, sta solo nell'inversione delle fasi realizzative e nel processo di prefabbricazione industrializzata dei pannelli. Curioso pertanto osservare come l'edilizia *“alternativa”*, per rispondere alle prescrizioni dettate dalle norme e alle esigenze di sicurezza e sostenibilità, abbia inconsapevolmente recuperato i principi di costruzione del passato tornando a far coincidere il *“sistema portante”* con il *“sistema di chiusura”*.

I sistemi costruttivi a pareti portanti in cemento armato ICF rappresentano un significativo esempio dell'implementazione di queste sinergie. Le loro caratteristiche consentono di garantire elevate prestazioni, in termini capacitivi, dal punto di vista della sicurezza sismica in virtù delle proprietà intrinseche del sistema stesso. Queste importanti peculiarità permettono di perseguire il soddisfacimento dei requisiti richiesti per terremoti violenti (Stato limite di salvaguardia della vita - SLV) ma anche, e soprattutto, di rendere la struttura meno vulnerabile al danneggiamento anche per input sismici caratterizzati da elevate accelerazioni al suolo. La tecnologia che è alla base del sistema consente inoltre, attraverso l'utilizzo di *“pannelli-cassero”* in materiale altamente performante dal punto di vista del comfort termoigrometrico, la realizzazione di edifici a basso consumo energetico nonché dall'elevato isolamento acustico.

L'obiettivo principale della pubblicazione è quello di illustrare “*la sostanza*” dei vari sistemi a pareti portanti ICF presenti sul mercato mondiale, dal punto di vista tecnologico, produttivo, progettuale ed applicativo, fornendo le informazioni necessarie per capirne le reali potenzialità.

Il volume si apre con un capitolo introduttivo generale sui sistemi a pareti portanti, descrivendoli ed inquadrandoli nel vasto panorama dei sistemi alternativi all'edilizia tradizionale. Segue un capitolo più specifico dedicato ai sistemi in polistirolo, ove si illustrano i materiali, le varie tipologie di casseri presenti sul mercato e l'inquadramento normativo, con un interessante approfondimento sulla tematica delle tutele garantite dalle norme italiane ai fruitori dei sistemi non tradizionali. Si entra poi nel vivo degli aspetti progettuali e cantieristici connessi all'uso dei pannelli ICF, soffermandosi approfonditamente sui dettagli costruttivi e dando risposte pratiche a casistiche “*particolari*”, che a volte mettono in difficoltà i progettisti e gli applicatori. Successivamente vengono messi in evidenza i vantaggi connessi all'uso dei sistemi ICF rispetto all'edilizia tradizionale, sotto il profilo cantieristico, di sicurezza, velocità, risparmio energetico ed economicità degli interventi. Con spirito critico ed obiettivo si parla anche dei limiti d'uso e di quelle applicazioni singolari che, per essere risolte in modo corretto con sistemi ICF, devono essere eseguite con un livello di cura particolarmente elevato. A proposito degli aspetti cantieristici vengono esposte anche alcune accortezze inerenti alla direzione dei lavori di edifici realizzati in ICF. Ma l'aspetto forse più caratterizzante di questa pubblicazione è rappresentato dagli esempi applicativi. Non solo un progetto di un edificio pluripiano proposto pressoché per intero, sia a livello grafico (esecutivi strutturali) che a livello di calcoli, ma ben 20 schede esplicative (comprendenti estratto dei disegni, descrizione e fotografie) di altrettanti edifici progettati dall'autore e realizzati in Italia e all'estero.

I reali vantaggi dei sistemi ICF, in Italia, sono stati peraltro messi in luce in occasione di passati processi di ricostruzione emergenziale conseguenti ai sismi di Abruzzo (2009) ed Emilia-Romagna (2012) con risultati più che apprezzabili.

Oltre agli eventi calamitosi di cui sopra, la perdurante crisi edilizia e le nuove normative nazionali entrate in vigore negli ultimi anni in materia antisismica e di risparmio energetico dovrebbero indurre il settore edilizio a valutare con maggiore attenzione i sistemi a pareti portanti che, ottimizzando il processo edilizio, introducono vantaggi economici ed esecutivi, ripensando ed aggiornando il modo di costruire “*tradizionale*”.

La congiuntura economica, tecnica ed emergenziale ha velocemente modificato alcuni comportamenti ed oggi i sistemi ICF vengono annoverati, insieme ai prefabbricati in legno, tra i più promettenti in termini di vantaggi indotti in fase costruttiva e di prestazioni dell'edificio finito.

Il libro sarà letto criticamente da ingegneri strutturalisti, che lo useranno per capire meglio i sistemi a pareti portanti in c.a. comprendendo che poco o nulla differisce tra le pareti che si ottengono mediante casseri precoibentati e quelle che si armano in opera in modo tradizionale. Sarà letto da tecnici progettisti, che avranno modo di capire le caratteristiche tecniche del sistema da ogni punto di vista. Sarà letto anche da imprese edili, nel caso i progettisti ed i loro committenti scelgano di avvalersi di questa tecnologia.

Mi auguro infine che venga letto e studiato da studenti di Ingegneria e di Architettura colmando il loro bagaglio culturale per affrontare con maggiore consapevolezza la loro futura attività professionale.

Credo di poter affermare, infine, che gli obiettivi prioritari dell'attuale ricostruzione post-sisma 2016 – **rapidità, aumento della sicurezza strutturale ed efficientamento energetico** – possano trovare completo soddisfacimento anche attraverso l'utilizzo di sistemi costruttivi a pareti portanti del tipo ICF.

Arch. Alfiero Moretti

Dirigente del Servizio organizzazione e sviluppo
del sistema di Protezione civile - Regione Umbria
Coordinatore Ufficio speciale per la
ricostruzione dell'Umbria - USR Umbria

PREFAZIONE

“La conoscenza dei materiali”, afferma Adalbert Stifter, “e del loro modo corretto di accostarli l’uno all’altro, è il primo requisito di ogni buon costruttore (Baumeister).

L’immaginazione più fertile a nulla serve se priva di tali conoscenze, ché solo da esse può nascere la fantasia costruttiva, peraltro sempre frenata, nella mente del maestro costruttore (Baumeister), dalle implicazioni dei materiali che si intende impiegare.

La forma costruita (gebaute Form) nasce da leggi costanti ed è perciò sempre genuina e pura; a differenza dell’Architettura (Architektur) che vive dei condizionamenti del tempo e della cultura, gebaute Form è in un certo senso senza tempo ed ovunque valida”¹.

Le affermazioni di Adalbert Stifter, contenute nel famoso libro di Paul Schmitthenner *La forma costruita. Variazioni su un tema*, rappresentano un’ottima “apertura” per costruire una riflessione sul testo scritto da Cristian Angeli.

“Ogni materiale”, afferma Loos, “possiede un linguaggio formale che gli appartiene e nessun materiale può avocare a sé le forme che corrispondono a un altro materiale”.

Perché le forme si sono sviluppate a partire dalla possibilità di applicazione e dal processo costruttivo propri di ogni singolo materiale, si sono sviluppate con il materiale ed attraverso il materiale.

Da queste prime battute si comprende subito come la difficoltà risieda proprio nel capire in anticipo le qualità del materiale, dei sistemi costruttivi e di come tali qualità possano variare attraverso le innumerevoli soluzioni architettonico/strutturali.

Questo libro invece (ecco un suo primo pregio) ci aiuta a comprendere la complessità di un sistema costruttivo che, sebbene parzialmente innovativo, lavora su strutture “massive” e forme “chiuse”, in controtendenza ad un gusto di massa che sembra preferire pareti trasparenti, leggere e poco “impattanti”. Infatti, anche ad un osservatore disattento non può sfuggire come una delle dominanti della ricerca architettonica contemporanea stia nella tendenza a realizzare strutture leggere, spesso costruite con materiali ed elementi tecnologici assemblati a secco.

Una tendenza che negli ultimi anni, complici le principali riviste di settore, si è rafforzata a svantaggio proprio delle strutture pesanti ed in particolare delle opere in calcestruzzo. Wolfgang Bachmann, direttore della celebre rivista tedesca “Baumeister”, ritiene che il calcestruzzo “[...] oltre ad essere invecchiato, si sia fatto una cattiva reputazione”.

L’autore ci propone, quindi (ecco un secondo merito del testo), di estendere il campo di osservazione inquadrando il tema non solo sul piano prestazionale e di efficienza strutturale, ma anche su quello economico e di completa gestione del cantiere, rivalutando e mettendo in chiaro le innumerevoli potenzialità delle strutture portanti a setti in calcestruzzo armato costruite con il metodo ICF.

Una riflessione che non solo “colma un vuoto”, ma che si propone come un vero manuale di riferimento per la ricostruzione di aree e zone dell’Italia centrale recentemente colpite dal terremoto.

L’obiettivo principale della pubblicazione, ribadito spesso dall’autore nelle pagine del libro, è quello di illustrare le potenzialità ed i vari sistemi a pareti portanti ICF presenti sul mercato mondiale, dal punto di vista produttivo, progettuale ed applicativo, fornendo le informazioni necessarie per capirne le reali potenzialità.

¹ A. Stifter, *Della forma costruita e della sua ricchezza*, in P. Schmitthenner, *La forma costruita. Variazioni su un tema*, Electa, Milano 1984, p. 31.

Nel testo, infatti, non ci si limita ad esporre solo gli aspetti “*positivi*” ma si fa riferimento anche ad alcuni aspetti “*negativi*”, offrendo al lettore un ventaglio amplissimo di soluzioni tecniche al fine di accompagnare il progettista in una scelta ragionata ed oggettiva.

In sintesi, i sistemi strutturali in elevazione realizzati a setti portanti con casseri in polistirene a perdere consentono il perseguimento di tre principali obiettivi:

1. la veloce costruzione di strutture residenziali (e non) a basso costo e ad alta compatibilità ambientale;
2. la realizzazione di edifici e spazi altamente performanti dal punto di vista del comfort termoigrometrico, nonché dall’elevato isolamento acustico;
3. la sostanziale riduzione dei costi di manutenzione nella fase di gestione.

Un’ultima osservazione, ed un conseguente apprezzamento di questo studio, riguarda la sua collocazione disciplinare, che è felicemente ambigua: è un libro che riguarda certamente il mondo della committenza (pubblica e privata) e degli ingegneri strutturalisti (ricco di riferimenti tecnico-normativi); è pure, alternativamente, un manuale che guarda al mondo dell’edilizia e dell’architettura (tecnologia), come testimonia la pubblicazione dei dettagli dei principali nodi costruttivi dei sistemi ICF.

D’altra parte, se vogliamo affrontare il tema della sicurezza sostenibile in zona sismica non possiamo separare le questioni formali da quelle tipicamente tecnologiche e strutturali.

Paolo Verducci

Docente di progettazione architettonica
all’Università degli Studi di Perugia
Direttore del master di secondo livello
“*Progettare Smart Cities*”

RAGIONI E INTENZIONI

Questo libro è nato per colmare un vuoto.

“La fornitura di componenti, sistemi o prodotti, impiegati per fini strutturali, deve essere accompagnata da un manuale di installazione e di manutenzione da allegare alla documentazione dell’opera”. Così si legge in apertura delle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, al paragrafo 2.1 (*PRINCIPI FONDAMENTALI*) del D.M. 14 gennaio 2008. Nonostante siano in uso da oltre trent’anni in Italia e da mezzo secolo nel resto del mondo, i sistemi costruttivi a pareti portanti in cemento armato realizzati mediante casseri *“a perdere”* in polistirolo del tipo ICF (abbreviazione di *Insulating Concrete Forms*, o denominati *Permanent Insulating Formworks*, secondo la definizione americana), anche definiti in Italia SAAD (Sistemi ad armatura diffusa), risultavano *“poveri”* dal punto di vista descrittivo e rappresentativo.

Contribuendo a colmare questo vuoto si spera di aver favorito il radicamento e la diffusione di un sistema costruttivo di cui molti dicono di sapere ma di cui pochi – forse pochissimi – sanno a sufficienza per convincersi (e convincere) ad utilizzarlo (o progettarlo) con tranquillità.

Questo libro raccoglie le esperienze dell’autore (tecniche, sperimentali, progettuali e cantieristiche) e non pretende di avere rilevanza scientifica o accademica, né prerogative di completezza. È un *“quaderno di appunti”* riordinati, quindi, che non vuole nemmeno scavalcare il lavoro, preziosissimo, svolto dalle singole aziende che producono i sistemi ICF e dalle associazioni di categoria.

Chi legge deve sapere qual è la *ratio* del libro e deve sapere anche di cosa parla e di cosa non parla visto che la titolazione, se intesa in senso ampio, avrebbe dovuto comprendere tanti altri argomenti indirettamente riconducibili a quello trattato.

Il libro riguarda pertanto l’ambito edile dei sistemi ICF, intesi come **casseri a perdere autoportanti in polistirene prefabbricati mediante stampaggio per realizzare pareti strutturali in cemento armato**: materiali, produzione, normative, progetti, progettazione, cantieri, vantaggi e persino svantaggi.

Per motivi di spazio non parla invece, se non facendone rapidi cenni di inquadramento, dei seguenti altri argomenti:

- sistemi ICF a *“grandi pannelli”* che, pur appartenendo a tutti gli effetti alla medesima categoria di quelli trattati qui, presentano una serie di particolarità (di produzione, esecutive, logistiche, economiche) che, pur non essendo sostanziali, avrebbero rischiato di confondere la trattazione; è tuttavia chiaro che la maggior parte degli argomenti esposti (primo fra tutti la statica, ma anche buona parte dei particolari costruttivi, della termica, dell’acustica, ecc.) possono essere estesi anche ad essi;
- sistemi solaio realizzati mediante casseri in polistirene di alleggerimento che, pur completando l’argomento dei sistemi ICF dal punto di vista cantieristico e del risparmio energetico, risultano in uso principalmente in Italia e avrebbero richiesto, oltre ad una specifica e approfondita trattazione, confronti con numerose alternative costruttive;
- sistemi ICF realizzati con materiali diversi dal polistirene, anche essi trascurati per esigenze di omogeneità e di dimensioni della trattazione.

Tutto quanto è scritto all’interno del volume, pur essendo basato sull’esperienza e sulle attuali conoscenze dell’autore, che ha dedicato la massima cura nello sviluppo di ogni argomentazione, dovrà essere oggetto di valutazione critica da parte del lettore.

Cristian Angeli

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento particolare viene rivolto alla **Bazzica Group** con sede in Trevi (PG), azienda leader nella produzione di polistirene espanso e produttrice del sistema costruttivo a pareti portanti denominato **ICF ITALIA** (www.icfitalia.eu) per aver contribuito alla presente pubblicazione e per aver messo a disposizione gran parte delle immagini relative alla posa in opera dei pannelli.

Si ringraziano inoltre i seguenti professionisti per i contributi specialistici ricevuti:

- Federica Acciarini;
- Andrea Albini;
- Maria Cristina Angeli;
- Claudio Borghesi;
- Francesca Faggiotto;
- Franco Faggiotto;
- Roberto Fodra;
- Giada Gasparini;
- Sara Gerini;
- Raffaella Inglese;
- Irene Paliani e Andrea Fiorelli;
- Sergio Rigolin;
- Luca Signorini;
- Massimiliano Venturi.

Si ringraziano infine le seguenti aziende:

- Alfio Santi srl, impresa edile specializzata nella realizzazione di piscine con sistemi ICF;
- Artedile Sgaramella srl, impresa esecutrice della “Villa sul lago” di Meina;
- BRC spa, impresa di costruzioni generali specializzata nei sistemi ICF;
- Carraro Gips srl, azienda produttrice di lastre in gesso per le finiture interne;
- Concrete srl, software-house;
- Sara Costruzioni srl, impresa esecutrice delle palazzine di Bovisio Masciago.

SOMMARIO

INTRODUZIONE	3
<i>di Alfiero Moretti</i>	
PREFAZIONE	5
<i>di Paolo Verducci</i>	
RAGIONI E INTENZIONI	7
<i>di Cristian Angeli</i>	
RINGRAZIAMENTI	8
CAPITOLO 1 - I SISTEMI COSTRUTTIVI A PARETI PORTANTI	15
1.1 Premessa	15
1.2 L'industrializzazione dei sistemi a pareti portanti	16
1.2.1 Sistemi prefabbricati	16
1.2.2 Sistemi parzialmente prefabbricati	17
1.3 Costituzione dei sistemi ICF	18
1.3.1 Il polistirene	21
1.3.2 Sistemi ICF a "piccoli pannelli" e a "grandi pannelli"	22
1.4 "Sistemi costruttivi" o "tecnologie costruttive"?	24
1.5 Cenni storici sui sistemi ICF	24
1.6 La crisi edilizia, le nuove normative e la diffusione dei sistemi "innovativi"	26
1.6.1 I limiti dell'edilizia tradizionale	27
1.6.2 Sistemi "innovativi" in acciaio	27
1.6.3 Sistemi "innovativi" in legno	28
1.6.4 Sistemi "innovativi" in legno-cemento	28
1.7 Sistemi "molto innovativi"	29
1.7.1 Tecnologia del "pannello singolo portante"	29
1.7.2 Tecnologia, se così si può dire, delle pareti fatte con materiali riciclati o naturali	31
1.7.2.1 Il "bio-mattone" realizzato con batteri	31
1.7.2.2 L'isolamento a base di funghi	31
1.7.2.3 L'isolamento in lana di pecora	31
1.7.2.4 Le "pareti in paglia"	32
1.7.2.5 I pannelli composti da trucioli di legno, paglia e cemento	32
CAPITOLO 2 - CASSERI IN POLISTIRENE PER REALIZZARE STRUTTURE EDILIZIE A PARETI PORTANTI	33
2.1 Raccomandazioni per la progettazione	33
2.1.1 Progettazione architettonica	34

2.1.1.1	La rappresentazione dei sistemi ICF nella fase esecutiva	35
2.1.1.2	I sistemi ICF e il BIM	38
2.1.2	Progettazione strutturale	39
2.1.2.1	Inquadramento normativo	39
2.1.2.2	Pareti e pareti debolmente armate	40
2.1.2.3	Schematizzazioni e percorsi progettuali	40
2.1.2.4	Progettazione di pareti in campo elastico	43
2.1.2.5	Tipologia di armature e copriferro	44
2.1.2.6	Modalità di collasso	46
2.1.2.7	Riferimenti tecnici	48
2.1.2.8	Presentazione dei progetti agli uffici preposti al controllo (ex Genio civile)	48
2.1.2.9	Casi particolari	49
2.1.2.9.1	Pareti alleggerite	49
2.1.2.9.2	Soluzioni fondali per "edifici estesi" a pareti portanti	49
2.1.2.9.3	Travi in spessore di parete	50
2.1.2.9.4	Pareti "in falso" collaboranti e travi parete	51
2.1.2.9.5	Pareti con nervature di irrigidimento	52
2.1.2.9.6	Pilastri portati da pareti sottili	53
2.1.2.9.7	Pareti controterra	55
2.1.2.9.8	Eliminazione delle azioni flettenti sulle pareti mediante solai post-tesi	55
2.1.2.9.9	Box foundation system	56
2.1.2.9.10	Interazione con elementi costruttivi tradizionali	57
2.2	Aspetti termoigrometrici	59
2.2.1	Comportamento termoigrometrico dei pannelli	59
2.2.2	Pareti a confronto: sistema ICF vs Parete a cappotto	61
2.2.3	Ponti termici	62
2.2.4	Ventilazione meccanica controllata	65
2.3	Comportamento acustico	65
2.3.1	Misure acustiche su pareti ICF	66
CAPITOLO 3 - INDICAZIONI PER L'ESECUZIONE		71
3.1	Posa dei pannelli	71
3.2	Sistemi di appiombamento	77
3.3	Controtelai per aperture	79
3.4	Getto	81
3.5	Realizzazione delle tracce	84
3.6	Finiture	84
CAPITOLO 4 - PARTICOLARI COSTRUTTIVI		91
4.1	Particolari costruttivi architettonici	91
4.2	Particolari costruttivi strutturali	106
CAPITOLO 5 - LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DEI SISTEMI ICF		115
CAPITOLO 6 - ASPETTI NORMATIVI E FISCALI RELATIVI AI SISTEMI ICF		119
6.1	Qualificazioni e certificazioni	119
6.2	Responsabilità del costruttore e tutela legale dei consumatori	121
6.3	Assicurazione postuma decennale	122
6.4	Vantaggi fiscali	123
CAPITOLO 7 - LA SICUREZZA NEI CANTIERI REALIZZATI CON SISTEMI ICF		125
7.1	Premessa	125
7.2	Fasi lavorative tipiche per opere in cemento armato tradizionale	126
7.2.1	Realizzazione della carpenteria	126

7.2.2	Messa in opera dei casseri in legno	127
7.2.3	Lavorazione del ferro	127
7.2.4	Getto del calcestruzzo	128
7.2.5	Disarmi e pulizie	128
7.3	Criticità specifiche dei sistemi ICF, non presenti nell'edilizia tradizionale	129
7.3.1	Movimentazione dei pannelli	129
7.3.2	Montaggio dei pannelli	129
7.3.3	Riflesso dei pannelli	129
7.3.4	Ferri di ripresa	129
7.3.5	Getto dei pannelli	130
7.4	Riduzione dei costi della sicurezza	130
CAPITOLO 8 - IL COMPORTAMENTO IN CASO DI INCENDIO DI EDIFICI REALIZZATI CON SISTEMI ICF		131
8.1	Premessa normativa	131
8.2	Reazione al fuoco	132
8.3	Resistenza al fuoco	134
8.4	Quando è necessaria la certificazione di reazione e di resistenza al fuoco	135
8.5	La reazione al fuoco per i sistemi costruttivi ICF	135
8.6	La resistenza al fuoco per i sistemi costruttivi ICF	136
8.6.1	Parete perimetrale e parete divisoria realizzate in opera con sistema ICF	137
8.6.2	Trave in cls realizzata in opera entro solaio ICF	138
CAPITOLO 9 - LA PANNELLIZZAZIONE		141
9.1	Studio di fattibilità preliminare e preventivazione	141
9.2	Scomposizione del progetto in pannelli e quantificazione della fornitura	143
9.3	La consegna dei pannelli in cantiere	144
CAPITOLO 10 - LE POTENZIALITÀ STRUTTURALI E I LIMITI APPLICATIVI DEL SISTEMA ICF		145
10.1	Potenzialità strutturali	145
10.1.1	Edificio a 3 piani regolare	149
10.1.2	Edificio a 4 piani regolare	151
10.1.3	Edificio a 5 piani regolare	153
10.1.4	Edificio a 5 piani irregolare	154
10.1.5	Edificio a 5 piani "molto irregolare"	155
10.1.6	Riepilogo dei casi analizzati	157
10.1.7	Edificio a 4 piani verificato allo Stato Limite di Operatività	159
10.2	I limiti applicativi del sistema ICF	162
10.2.1	Limiti tecnici	162
10.2.2	Limiti di mercato	164
CAPITOLO 11 - APPLICAZIONI DIVERSE DEI CASSERI A PERDERE IN POLISTIRENE		167
11.1	Applicazioni per la riqualificazione dell'edilizia esistente	167
11.2	Piscine	168
11.3	Scale	170
11.4	Casseri o "supporti" in polistirene per realizzare pareti non portanti	170
11.4.1	Pareti di tramezzatura	170
11.4.2	Pareti di tamponamento	170
11.5	Altri prodotti in polistirene correlati ai casseri	174
CAPITOLO 12 - VOCI DI CAPITOLATO E ANALISI PREZZI DI PARETI E SOLAI REALIZZATI CON SISTEMI ICF		175
12.1	Voci di capitolato	175
12.2	Analisi prezzi	176

CAPITOLO 13 - GLI IMPIANTI DI PRODUZIONE	181
13.1 Considerazioni generali	181
13.2 Pre-espansore	182
13.3 Sili di stagionatura del materiale pre-espanso	183
13.4 Presse di stampaggio	184
CAPITOLO 14 - LA DIREZIONE DEI LAVORI E IL COLLAUDO STATICO DI EDIFICI REALIZZATI CON SISTEMI ICF.....	185
14.1 Il direttore dei lavori di opere realizzate con sistemi ICF	185
14.1.1 Verifiche di natura progettuale da svolgere prima dell'inizio dei lavori	186
14.1.2 Verifiche da svolgere in fase di accettazione dei materiali	186
14.1.3 Verifiche da svolgere in corso d'opera nella fase strutturale	186
14.1.4 Verifiche da svolgere a strutture ICF ultimate	187
14.2 Il collaudo statico di opere realizzate con sistemi ICF	188
CAPITOLO 15 - LA SCELTA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO FRA PRESTAZIONI REALI E MARKETING	189
15.1 Giudizio motivato di accettabilità del sistema	189
CAPITOLO 16 - REPERTORIO DEI CASSERI A PERDERE IN POLISTIRENE	195
16.1 Aziende produttrici di sistemi ICF e accessori in Italia, in Europa e nel resto del mondo	195
CAPITOLO 17 - APPLICAZIONE DEI SISTEMI ICF IN AMBITO EMERGENZIALE	199
17.1 L'esperienza della ricostruzione in Emilia-Romagna a seguito del sisma del 2012	199
17.2 L'esempio della costruzione della scuola di Poggio Renatico (FE)	201
17.2.1 Relazione illustrativa	202
17.2.2 Cronoprogramma dei lavori	202
17.2.3 Relazione strutturale	202
CAPITOLO 18 - ESEMPIO DI PROGETTO STRUTTURALE REALIZZATO CON SISTEMA ICF.....	211
18.1 Premessa	211
18.2 Descrizione del fabbricato e della struttura	212
18.3 Normativa di riferimento e parametri di progetto	213
18.4 Materiali impiegati e resistenze di calcolo	214
18.5 Illustrazione dei criteri di progettazione e di modellazione	215
18.6 Spettri di progetto per SLU e SLD	217
18.7 Azioni di progetto sulla costruzione	218
18.8 Principali combinazioni SLU e SLE	221
18.9 Metodo di analisi	224
18.10 Sintesi dei principali risultati	228
CAPITOLO 19 - PRESCRIPTIVE METHOD FOR INSULATING CONCRETE FORMS.....	241
19.1 Cenni all'approccio anglosassone per la progettazione di edifici realizzati con sistemi ICF	241
19.2 Particolari costruttivi	248
19.3 Bibliografia con le principali pubblicazioni scientifiche americane inerenti, direttamente o indirettamente, i sistemi ICF	250
CAPITOLO 20 - I SISTEMI ICF IN VENTI EDIFICI REALIZZATI.....	251
20.1 Edificio plurifamiliare, Ariccia (Roma)	253
20.2 Edificio quadrifamiliare, Montescudo (Rimini)	257
20.3 Edificio residenziale, Pizzoli (L'Aquila)	261
20.4 Case a schiera per 16 appartamenti e 6 negozi, Roma	265
20.5 Edificio plurifamiliare, Cesenatico (Forlì-Cesena)	269
20.6 Centro ricerche CNR, Bologna	274
20.7 Villa sul lago - Meina (Novara)	278

20.8	Case a schiera per 15 appartamenti, Roma	281
20.9	Case a schiera per 6 appartamenti, Roma	286
20.10	Villa unifamiliare, Castelnuovo ne' Monti (Reggio Emilia)	291
20.11	Scuola primaria, Poggio Renatico (Ferrara)	295
20.12	Ricostruzione di edificio bifamiliare, Susa (Torino)	299
20.13	Edificio pluripiano, Bovisio Masciago (Monza Brianza)	302
20.14	Palazzina residenziale, Rocca Priora (Roma)	305
20.15	Edificio plurifamiliare, Roma	309
20.16	Edificio trifamiliare a schiera, Roncofreddo (Forlì-Cesena)	314
20.17	Case a schiera per 4 appartamenti, Bagolino (Brescia)	318
20.18	Edificio pluripiano con garage e servizi, Cluj-Napoca (Romania)	322
20.19	Edificio plurifamiliare in linea, Bertinoro (Forlì-Cesena)	325
20.20	Residenza sanitaria assistenziale, Tolfa (Roma)	329
CAPITOLO 21 - LA PROTEZIONE CON BREVETTI DEI SISTEMI ICF		333
21.1	Principali brevetti che hanno definito il sistema	333
21.2	Libertà di attuazione e possibile evoluzione brevettuale	343
CAPITOLO 22 - DIECI RAGIONI PER PREFERIRE, MOTIVATAMENTE, I SISTEMI ICF		345
22.1	Sostenibilità edilizia	345
22.2	Risparmio energetico e comfort ambientale	345
22.3	Contenimento dei costi di esecuzione	346
22.4	Sicurezza statica	346
22.5	Ipersicurezza sismica	346
22.6	Velocità esecutiva	347
22.7	Sicurezza in fase di esecuzione	347
22.8	Maggiori tutele	347
22.9	Aumento della superficie vendibile	347
22.10	Libertà compositiva	347
CAPITOLO 23 - DOMANDE & RISPOSTE		349
23.1	Le domande più frequenti poste dai professionisti	349
23.2	Le domande più frequenti poste dai costruttori	350
23.3	Le domande più frequenti poste dagli utilizzatori (non addetti ai lavori)	352
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE		354
FONTI BIBLIOGRAFICHE		355
POSTFAZIONE		356
<i>di Tomaso Trombetti</i>		
APPENDICE NORMATIVA		357
-	Decreto Legislativo 16 giugno 2017, n. 106 - "Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE" (Stralcio)	357
-	ETAG009 - "Linee guida per l'approvazione europea di sistemi/casserature permanenti non portanti basati su blocchi o pannelli di materiale isolante e calcestruzzo" (Stralcio)	359
-	Risposta del CSLP, n. 53/2011 del 19 luglio 2011 (Stralcio)	368

APPENDICE TECNICA	371
Tabelle e schede di lavoro	371
- Tabella A1 - Corrispondenze armature mediane pareti	372
- Tabella A2 - Incidenza ferri di ripresa e di cucitura	372
- Tabella A3 - Scheda determinazione costo pareti ICF	373
Check list per la posa in opera dei sistemi ICF	374
- Tabella A4 - Check list per la posa in opera dei sistemi ICF	375
APPENDICE FOTOGRAFICA	381

È possibile contattare l'autore: www.icfpro.it

CAPITOLO 1

I SISTEMI COSTRUTTIVI A PARETI PORTANTI

1.1 PREMESSA

La storia delle costruzioni è rimasta pressoché immutata per molti secoli, sostanzialmente fino agli inizi del Novecento, quando si è assistito ad un repentino cambiamento di tecniche e materiali, diretta conseguenza dell'industrializzazione. Fino agli inizi del Novecento, salvo casi sporadici, il concetto di “*costruzione*” era, nel sud dell'Europa, coincidente con quello di “*costruzione a pareti portanti*” in muratura. Chiese, cattedrali, abbazie, aggregati edilizi, vedevano la coincidenza tra il sistema atto a portare i solai (muratura in pietrame, in mattoni, in terra, ecc.) e il sistema di chiusura, finalizzato a racchiudere uno spazio e a proteggere l'uomo dall'esterno.

I sistemi costruttivi a pareti portanti non sono quindi una invenzione recente e possono essere raggruppati nelle seguenti tipologie:

- in pietrame;
- in laterizio;
- in legname;
- in cls gettato in opera.

Le tipologie sopra elencate, seppur molto differenti tra loro, provano la validità del concetto di “*costruzione a pareti*”, nonostante le profonde trasformazioni che esse hanno subito a livello tecnologico nell'ultimo secolo in relazione al livello di evoluzione scientifico e culturale della società che le ha utilizzate.

Altri sistemi costruttivi a pareti hanno trovato diffusione in Europa meridionale in tempi più recenti e hanno avuto un buon riscontro in specifici settori dell'edilizia. Tra questi:

- pareti in pannelli prefabbricati di cls;
- pareti in cemento armato gettato in opera mediante l'uso di casseri “*a perdere*”.

Pur rimanendo in ambito di metodi costruttivi a pareti portanti il fascino della “*pesantezza*” del passato – tipico delle costruzioni in muratura (di pietrame o di laterizio) – ha così, a poco a poco, ceduto il passo ad altre metodologie, frutto dello sviluppo tecnologico e della lavorazione industriale dei materiali.

Restringendo il campo di trattazione al caso delle strutture a pareti portanti in cemento armato e prescindendo per un attimo dalla tipologia di cassetture utilizzate per eseguire i getti (tradizionali o mediante pannelli variamente prefabbricati e di diversi materiali), esse hanno avuto diffusione a partire dalla seconda metà del Novecento, quando il cls divenne un materiale prodotto industrialmente a prezzi contenuti. Dopo alcune sperimentazioni e applicazioni avveniristiche svolte da pionieri illustri quali Le Corbusier e Nervi, si assistette all'uso di pareti in cls gettato in opera per realizzare edifici in linea e scuole, ovvero edifici caratterizzati da una certa ripetitività delle forme, con il fine principale di velocizzare l'esecuzione. Trattandosi di anni antecedenti alla prima crisi energetica del 1973, le pareti in cls potevano essere lasciate addirittura a vista, del tutto prive di coibentazioni e senza necessità di finiture ulteriori, determinando un metodo costruttivo di fatto più veloce ed economico di quelli tradizionali. Gli esempi di architetture di questo tipo nel nostro paese sono numerosi.



Figura 1.1 - Plesso scolastico a pareti portanti in cemento armato realizzate in opera di spessore 20 cm sito a Novafeltria (RN).

Prima del 1950-1960 il cls era invece un materiale di nicchia, costoso e di non semplice reperibilità, il cui impiego poteva essere giustificato solo per la costruzione di edifici intelaiati a travi e pilastri, visti i modesti quantitativi necessari per realizzare fabbricati di dimensioni importanti, che ne ammortizzavano il costo.

1.2 L'INDUSTRIALIZZAZIONE DEI SISTEMI A PARETI PORTANTI

Dopo questi esordi le strutture a pareti portanti gettate in opera con interposti isolamenti si sono rapidamente evolute, anzitutto per la presa di coscienza della limitatezza delle fonti energetiche e per la contemporanea industrializzazione di tutti i procedimenti produttivi, che ha messo a disposizione del settore edile prodotti semilavorati e dispositivi tecnici di varia natura. Mediante un processo di somma di parti, di accoppiamento di “pezzi” di tecnologia più evoluta con altri “pezzi” di tecnologia tradizionale, in una sorta di compenetrazione tecnologica e di “combinazione” sotto il profilo prestazionale, si è arrivati per intuizione di vari “inventori” (si veda il capitolo 21 del presente volume), agli attuali ed efficientissimi sistemi ICF che coniugano le proprietà delle pareti in cemento armato con quelle dei casseri isolanti. **I sistemi ICF hanno quindi introdotto nella storia dell’edilizia un concetto di innovazione in realtà unico nel suo genere poiché uniscono il provvisorio e il definitivo, preconstituendoli tra loro e sfruttandone al massimo le potenzialità.**

1.2.1 Sistemi prefabbricati

Con il termine “sistemi prefabbricati” si identificano quei manufatti (pannelli in cls) che vengono prodotti industrialmente fuori opera per poi essere assemblati in cantiere mediante getti integrativi di modesta importanza (sistemi “a nodo umido strutturale”). L’azione del costruire, in questo caso, è perciò impostata secondo metodi tipici dell’industria, ovvero basati sulla produzione in serie.

I limiti della prefabbricazione, come noto, risiedono nella necessità di programmare il ciclo produttivo

in ogni sua parte – tecnica, economica, temporale – nonché nella necessità di progettare in modo invariabile l'edificio.

I sistemi a pareti portanti realizzati mediante casseri ICF (che sfruttano solo in parte la prefabbricazione per realizzare i casseri a perdere) sono stati per anni confusi e assimilati, anche a livello normativo (C.M. 11 agosto 1969, n. 6090; istruzioni CNR n. 10025 del 1984), ai sistemi prefabbricati a grandi pannelli di cls, in realtà molto diversi sia dal punto di vista concettuale, sia esecutivo, sia di comportamento strutturale.

Solo per inquadrare l'argomento si ricorda che questi ultimi si sono diffusi nel secondo dopoguerra, sotto l'impulso della ricostruzione del patrimonio edilizio distrutto dagli eventi bellici. Il primo settore della prefabbricazione che si è sviluppato è stato quello della componentistica per i solai, con il fine di risparmiare sull'uso delle cassetture, riducendo le lavorazioni in opera a semplici getti integrativi.

È interessante a tal fine notare il nome storico del primo prefabbricato per solai, denominato appunto SAP, che è l'acronimo di Senza Armatura Provvisoria.

La prefabbricazione interessò successivamente il settore industriale e quello delle travi da ponte, fino agli anni '60 quando arrivò l'eco della esperienza di realizzazione di grandi pannelli per la costruzione di edilizia residenziale prefabbricata, che aveva preso piede in vari paesi dell'Est Europa. Tuttavia, in Italia vennero sovrastimati sia la domanda di case sia l'impatto di tali sistemi sull'architettura ottenibile con i nuovi metodi, come testimoniano, loro malgrado, le periferie di molte nostre città e i connessi consumi energetici, visti gli scarsi benefici derivanti dall'uso di cls cellulare di argilla espansa.

Dopo queste sperimentazioni poco fruttuose, si assistette ad una evoluzione progressiva che portò all'affermazione della prefabbricazione nel settore dell'edilizia industriale e artigianale (capannoni). In ambito residenziale invece trovarono mercato solo due tipologie di prefabbricati, che si sono imposti grazie alla indiscutibile razionalizzazione del processo costruttivo, alla loro economicità e, soprattutto, grazie alle luci copribili e alla resistenza al fuoco: le lastre predalles e i pannelli alveolari.

1.2.2 Sistemi parzialmente prefabbricati

Nel tempo il concetto di prefabbricazione, preso atto dei limiti sopra accennati, è stato orientato verso lo sviluppo di sistemi costruttivi a maggiore specializzazione tecnologica, abbandonando di fatto l'obiettivo di imporre l'uso dei pannelli in cls in ambito di edilizia residenziale, caratterizzato da sempre crescenti richieste di qualità prestazionale e dalla necessità di frequenti adattamenti in ambito progettuale ed esecutivo.

È così che hanno preso piede, con modalità che illustreremo meglio nel seguito, i sistemi costruttivi che sfruttano i benefici indotti dai processi industriali, in termini di precisione e affidabilità dei risultati, senza tuttavia essere ostacolati da logiche vincolanti di standardizzazione delle forme. Nacquero così numerosi prodotti semilavorati, precisi, economici ed affidabili, da completare in opera con operazioni di assemblaggio e finitura tipiche dell'edilizia tradizionale, consentendo quindi libertà compositiva, possibilità di adattamenti e al contempo qualità esecutiva. Tali sistemi si affermarono dapprima nel settore dei solai (casceforme nervate autoportanti) e poi si estesero anche a quello delle strutture verticali.

In questo scenario i sistemi ICF si collocano a pieno titolo come una tecnologia che sfrutta i vantaggi della "parziale prefabbricazione" per quanto riguarda la realizzazione del cassero in polistirolo "a perdere", che risulta pertanto garantito in termini di qualità/quantità produttiva e precisione dimensionale, nonché dotato di caratteristiche che semplificano le operazioni di cantiere. Tali caratteristiche, derivanti appunto dalla prefabbricazione industriale e che minimizzano le possibilità di errori in cantiere, sono le seguenti:

- dimensioni e spessore dei pannelli in EPS, con tolleranze infinitesime;
- planarità dei pannelli in EPS, grazie ai precisi sistemi di incastro;
- spessore del cls, prestabilito mediante gli appositi elementi distanziali di lunghezza modulare;
- posizionamento dei ferri orizzontali di armatura, sostenuti dai distanziali nelle esatte posizioni;
- predisposizione di elementi interni e caratteristiche atte a favorire le fasi di finitura.

Il rigore dei processi industriali di produzione dei pannelli – che pertanto definisce le caratteristiche sopra elencate (parziale prefabbricazione) – è garanzia di qualità dell'"elemento parete" successivamente completato in cantiere mediante operazioni di assemblaggio molto semplificate rispetto a quelle dell'edilizia tradizionale o prefabbricata.

1.3 COSTITUZIONE DEI SISTEMI ICF

Concettualmente i sistemi costruttivi a pareti portanti in cemento armato ICF offrono la possibilità di realizzare pareti e solai mediante casserature isolanti “*a perdere*”, autoportanti, realizzate in polistirolo, che sfruttano la resistenza offerta da quest’ultimo per contenere il calcestruzzo fluido fino alla sua completa maturazione, che avviene in condizioni ottimali di umidità e di temperatura.

Nel caso delle pareti essi sono costituiti da:

- pannello in polistirene esterno;
- parete in c.a.;
- pannello in polistirene interno;
- connettori interni (anche detti “*distanziali*” o “*distanziatori*”, solitamente in materiali plastici oppure in metallo).

Il pannello di polistirene esterno presenta spessore solitamente maggiore di quello interno per ottimizzare la capacità di accumulo termico della parete.

I distanziali, mediante la loro particolare conformazione, hanno la funzione di determinare il corretto e preciso posizionamento del ferro orizzontale di armatura (passo e copriferro) e di collegare i due pannelli in polistirolo, essendo dimensionati per resistere alla spinta idrostatica del cls. I distanziali possono essere preinglobati in modo fisso nei pannelli ICF in fase di stampaggio (caso dei “*pannelli preassemblati*”) oppure possono essere inseriti successivamente in fase di montaggio (caso dei “*pannelli da assemblare in cantiere*”). In alternativa possono essere uniti ai pannelli in EPS mediante meccanismi di incernieramento “*apri e chiudi*”, consentendone la riduzione di ingombro ai fini del trasporto.

La lunghezza dei distanziali, che determina lo spessore del setto in cls in funzione dell’impegno statico della parete, è variabile da un minimo di 15 cm (minimo fissato dalla normativa per pareti in c.a.), fino a un massimo di 30 cm, a seconda dei vari sistemi ICF.

Si comprende quindi che l’innovazione connessa a tali sistemi non sta nei materiali di base, che sono del tutto tradizionali (polistirolo, cls e acciaio), bensì nel fatto che i materiali isolanti vengono posti in opera prima del getto di cls e che permangono inglobati nella parete e nel solaio con funzione temporanea di cassetta e con funzione definitiva di coibentazione.

Il procedimento costruttivo in cantiere prevede pertanto dapprima la posa in opera “*a secco*”, a corsi successivi, dei pannelli ICF, poi delle armature metalliche, la piombatura dell’insieme e, successivamente, il getto, che può essere effettuato in unica soluzione per ogni piano dell’edificio (fino a un massimo consigliato di circa 4 m). La Figura 1.2 mostra la sezione tipica di una parete ICF con i vari materiali che la compongono e mette anche in evidenza il posizionamento dei ferri orizzontali in modo “*sfalsato*” mediante le apposite sedi preformate nei distanziali. Tale caratteristica consente di creare una “*asola*” per l’inserimento e il mantenimento in posizione delle armature verticali, che vengono calate dall’alto una volta giunti in quota con il montaggio dei pannelli (si veda più avanti il capitolo 3).

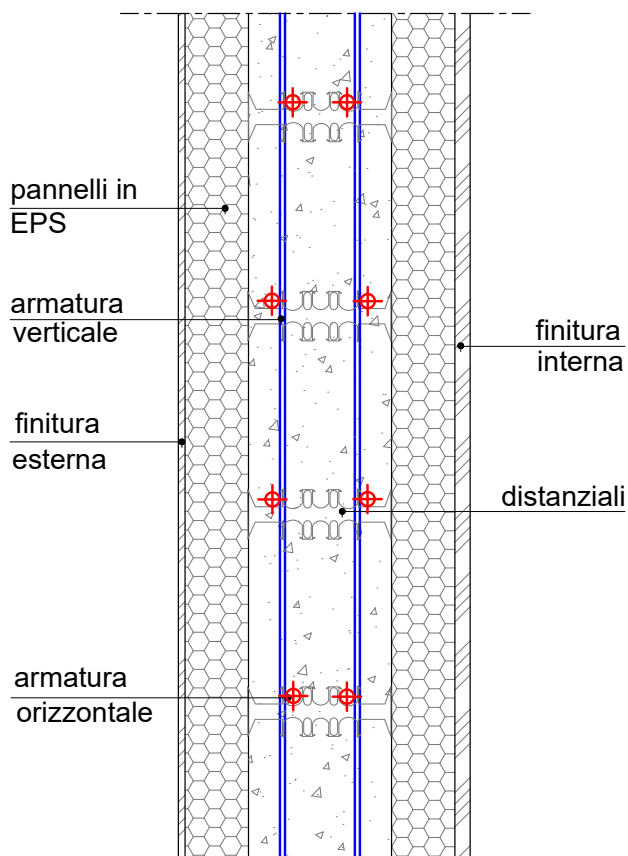


Figura 1.2 - Sezione verticale di una parete ICF con i vari strati che la compongono. Visibili i ferri orizzontali sfalsati (in rosso) per l'inserimento di quelli verticali (in blu).

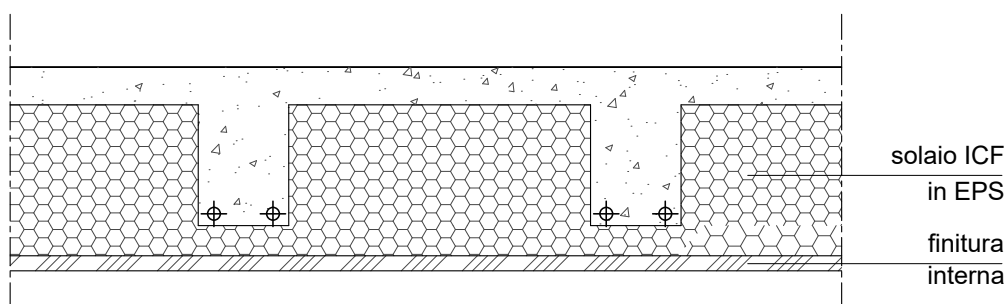


Figura 1.3 - Sezione schematica di un solaio ICF e dei vari strati che lo compongono.

Quanto detto sopra è vero a livello intuitivo, ma nella realtà il pacchetto così costituito contiene un elevato grado di ingegnerizzazione poiché i pannelli ICF risultano elementi multifunzionali che comprendono le seguenti ulteriori predisposizioni:

- per il fissaggio delle finiture in lastre di cartongesso, fibrogesso o similari;
- per la formazione delle tracce;
- per il fissaggio di elementi sospesi;
- per la rasatura con collanti, resine, intonaci e rivestimenti.

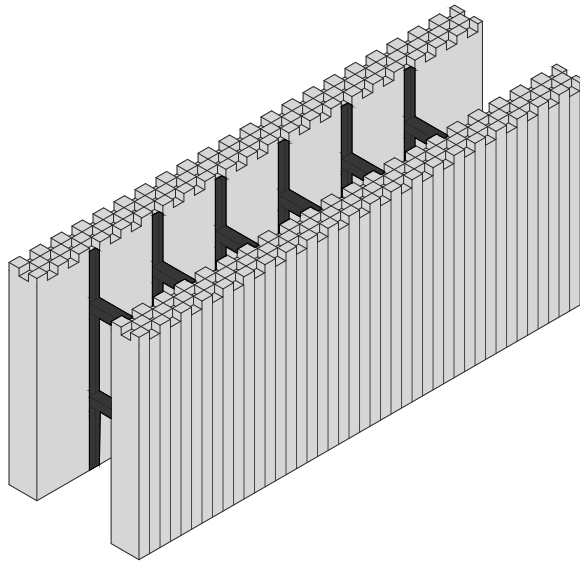


Figura 1.4 - Vista di un pannello ICF.

I pannelli ICF, unitamente agli elementi distanziali interni e ai supporti interni al polistirolo ove essi sono fissati, rappresentano quindi il risultato di profonde attività di ricerca e sperimentazione svolte dalle aziende di settore che hanno tenuto conto dei seguenti fattori essenziali:

- giusta tipologia dei materiali da utilizzare (polistirolo della giusta qualità e densità, distanziali di dimensioni e materiali sufficientemente resistenti);
- norme vigenti in ambito strutturale (in base alle quali viene determinato lo spessore di cls e la geometria dell'elemento connettore);
- norme vigenti in materia di risparmio energetico (per determinare lo spessore e le combinazioni dei pannelli isolanti);
- altezza dei pannelli e modularità di incastro degli stessi.

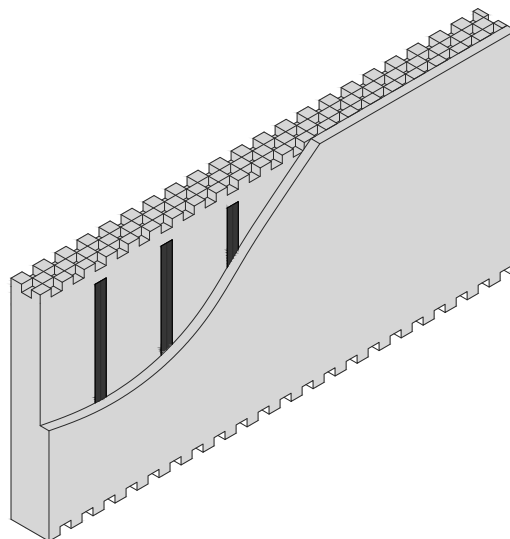


Figura 1.5 - Spaccato di un pannello ICF: in evidenza i supporti interni di irrigidimento e fissaggio.

Ovviamente questi fattori non sono universali, ma devono essere definiti in funzione dell'ambito geografico in cui si ritiene che il sistema ICF debba essere prevalentemente utilizzato. Questo perché ogni Stato ha le sue norme, che possono risultare anche molto diverse le une dalle altre.



**Pagine non disponibili
in anteprima**



2.1.2.9.7 Pareti controterra

Nella pratica progettuale corrente le pareti controterra di edifici intelaiati vengono normalmente previste con spessore del setto di cls pari a 25-30 cm. Operando con le pareti ICF, che pur consentono di realizzare anche spessori elevati, ci si è trovati più volte a verificare pareti controterra di spessore strutturale contenuto, dell'ordine di 15-20 cm. Si è potuto riscontrare che, per altezze libere non superiori a 3 m e per edifici di media importanza, pareti di tali spessori consentono il soddisfacimento delle verifiche di resistenza (Figura 2.20).

Per gli aspetti non strutturali inerenti all'argomento (modalità di impermeabilizzazione e rinterro) si rinvia al capitolo 4 relativo ai particolari costruttivi.



Figura 2.20 - La foto rappresenta una parete controterra di particolare estensione e di notevole impegno statico (quota sbancamento -6,00 m), realizzata mediante casseri ICF. Si noti sulla sinistra la presenza di una paratia di pali trivellati uniti alle pareti ICF.

2.1.2.9.8 Eliminazione delle azioni flettenti sulle pareti mediante solai post-tesi

Il solaio post-teso è un elemento in cls a piastra bidirezionale gettato interamente in opera a cui viene applicata una forza di compressione mediante la tecnica della post-tensione. La sua realizzazione consiste nella formazione di apposite casseforme a tavolo su cui si posano in sequenza le armature ordinarie inferiori, le guaine contenenti i cavi di precompressione, le armature ordinarie superiori, a cui segue il getto del calcestruzzo. Ad avvenuta maturazione (in funzione dei calcestruzzi possono essere sufficienti da tre a sette giorni) si procede alle operazioni di tiro dei cavi (post-tensione) e immediato disarmo delle strutture di sostegno (Figura 2.21).

Questa tipologia di solaio è solitamente adottata per luci di particolare entità ma può essere anche impiegata per situazioni normali, in alternativa ai solai tradizionali, con il fine di ridurre gli spessori, velocizzare l'esecuzione e conferire – senza protezioni aggiuntive – resistenze al fuoco molto elevate.

La post-tensione può essere realizzata mediante la tecnica della post-tensione centrata o della post-tensione con variazioni di quota: in quest'ultimo caso il cavo varia la quota altimetrica e garantisce un momento resistente che contrasta l'azione flettente dei carichi agenti.

L'uso dei solai post-tesi abbinato alle pareti ICF appare molto utile in tutti i casi in cui vi siano solai con particolari sovraccarichi oppure con luci elevate, in quanto è possibile annullare le azioni flettenti trasmesse agli elementi verticali che possono mettere in crisi pareti sottili.



Figura 2.21 - La foto rappresenta un impalcato a cavi post-tesi.

2.1.2.9.9 Box foundation system

Si intende per *box foundation system* un sistema costituito dalle fondazioni, dalle pareti in c.a. dello scantinato e dal primo impalcato. Unitamente ad eventuali gruppi di pilastri interni un *box foundation system* può divenire, per motivi di distribuzione architettonica (ad esempio l'organizzazione degli spazi manovra nei garage), l'elemento di sostegno per sovrastanti strutture a pareti poggianti sulla soletta che costituisce il primo impalcato (Figura 2.22).

Il piano terra può essere visto quindi, per la rigidità scatolare del sistema sottostante, come la "fondazione dell'elevazione", ovvero come l'elemento di chiusura di una "fondazione a cassone".

In tali condizioni esiste la possibilità di esecuzione di un edificio con struttura portante a setti in c.a. su solette rigide sorrette da pilastri e diaframmi che costituiscono il piano interrato (*box foundation system*).

Le forze orizzontali derivanti dalla sovrastruttura, opportunamente amplificate come previsto dalle norme, dovranno essere trasmesse alla soletta e dalla soletta al sistema di pareti laterali, che riporterà queste azioni direttamente in fondazione.

I pilastri interni del piano interrato, se presenti, non avranno altra funzione che quella di sostenere i carichi verticali e potranno essere trattati come elementi pendolari secondari. In definitiva il sistema resistente alle azioni orizzontali sarà costituito da elementi bidimensionali, ovvero le pareti della sovrastruttura, i diaframmi che sostengono il piano interrato e la soletta su cui appoggia l'elevazione dell'edificio.

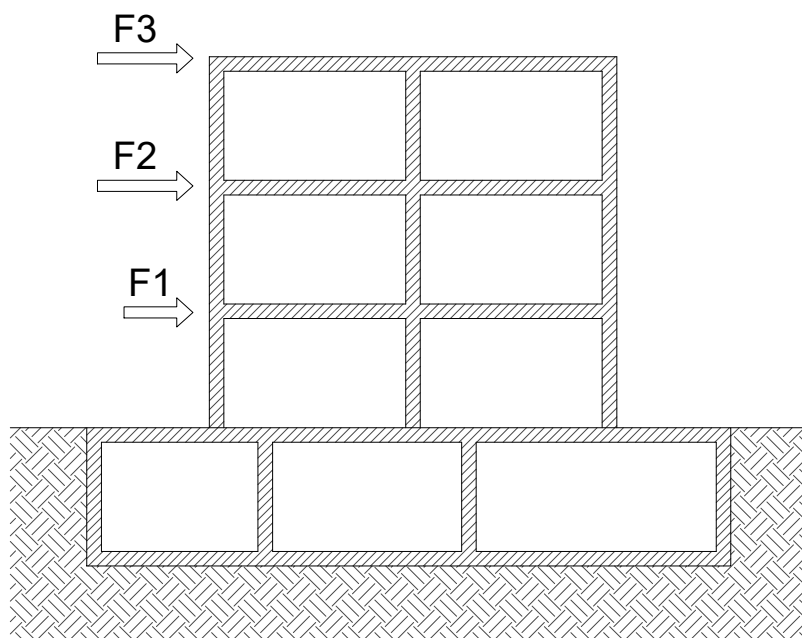


Figura 2.22 - Edificio a pareti impostato su box foundation.

2.1.2.9.10 Interazione con elementi costruttivi tradizionali

Le pareti ICF possono tranquillamente interagire anche con elementi strutturali tradizionali quali travi in legno e in acciaio, oppure con elementi in cemento armato (Figure 2.23, 2.24 e 2.25). Tale interazione può essere gestita senza problemi in termini di progetto e verifica con qualunque normale software di calcolo.



Figura 2.23 - L'immagine rappresenta una trave metallica di grande luce ancorata a pareti ICF con funzione di collegamento e di sostegno di una copertura leggera.



**Pagine non disponibili
in anteprima**



3.5 REALIZZAZIONE DELLE TRACCE

Dopo aver eseguito il getto e dopo aver predisposto le controcassature per il solaio, ancora prima del getto del piano ove risulti necessario velocizzare i lavori, è possibile iniziare la formazione delle tracce per gli impianti, che avviene rimuovendo il polistirene del lato interno nelle posizioni necessarie per il passaggio dei tubi o per il collocamento dei collettori (Figura 3.18). È possibile altresì, con lo stesso procedimento, installare le scatole di derivazione e fissarle, così come le tubazioni, mediante punti di incollaggio o schiume.

È stato ampiamente dimostrato che la discontinuità degli strati di isolamento che viene a crearsi per effetto di questi tagli non determina problemi di ponti termici o di natura igrometrica, trattandosi di interventi localizzati e circoscritti.

Le tracce sopra descritte possono essere realizzate mediante taglierini a lama calda facilmente reperibili in commercio. È evidente che, rispetto all'edilizia tradizionale, questa lavorazione risulta più veloce e più pulita non creando macerie in cantiere.

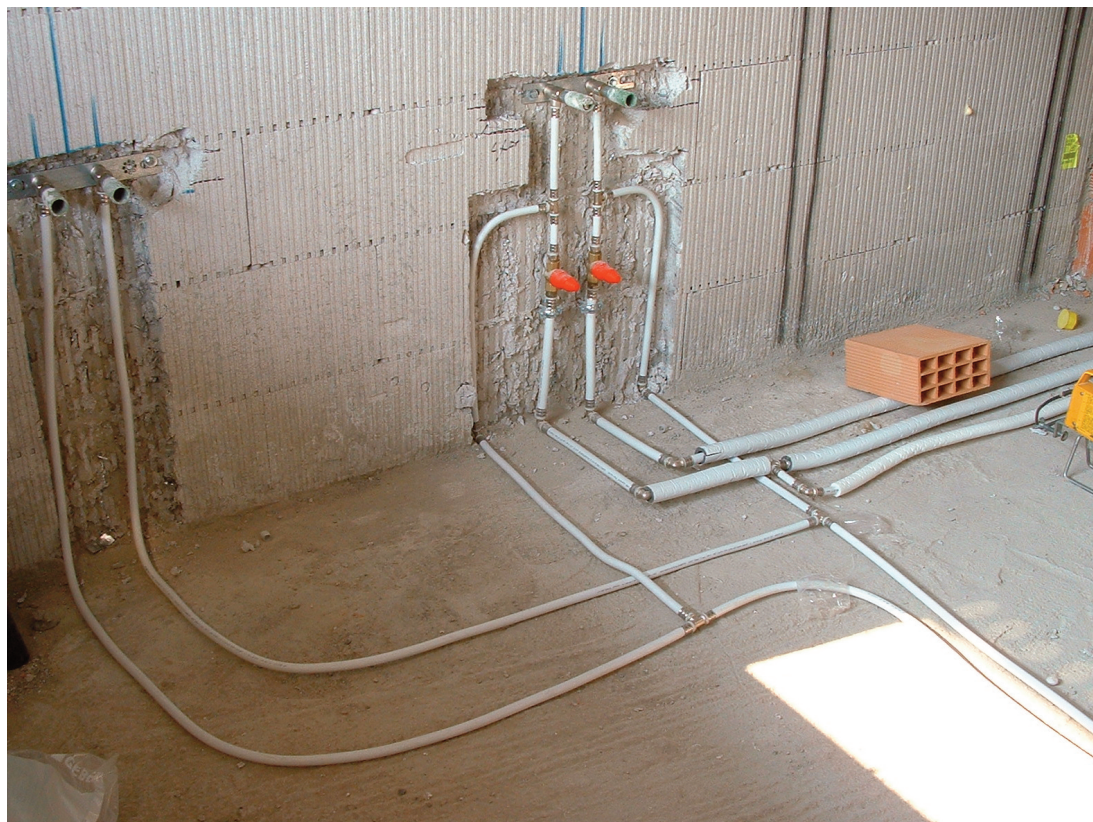


Figura 3.18 - Formazione delle tracce e posa dei tubi.

3.6 FINITURE

Le operazioni sopra descritte possono essere ripetute, piano per piano, sino in copertura. Quando l'edificio raggiunge lo stato cosiddetto "fuori acqua", dopo aver ripulito tutti gli ambienti, è possibile iniziare le finiture che sono ovviamente differenti nel caso interno e nel caso esterno.

Le lavorazioni vere e proprie di finitura vengono precedute, ove necessario, da opere secondarie quali ad esempio l'installazione di cornici, archi, voltini non strutturali, che possono essere realizzati in modo comodo e veloce sempre utilizzando elementi sagomati in polistirene (Figura 3.19).

Dal punto di vista architettonico e delle rese estetiche le tipologie di finiture praticabili sulle pareti (e

sui solai) realizzate con sistemi ICF sono le stesse dei sistemi a cappotto pertanto un edificio ICF, una volta terminato, risulta indistinguibile da uno tradizionale.

Internamente, pur essendo possibile utilizzare anche finiture cementizie, è caldamente consigliato operare mediante sistemi a secco (lastre in gesso o cartongesso) che consentono, in modo veloce e con costi contenuti, di terminare il lavoro aumentando anche le prestazioni termoacustiche dell'involucro. Occorre infatti precisare che i sistemi ICF permettono l'applicazione delle finiture a secco senza necessità di creare le cosiddette "sottostrutture", avendo al loro interno apposite predisposizioni (ben evidenziate in superficie) per l'avvitamento delle lastre. In alternativa le lastre possono essere incollate sul polistirene.

L'impiego di sistemi di finitura delle pareti ICF a secco ben si concilia anche con la realizzazione delle tramezzature che diversamente dovrebbero essere fatte in laterizio, con tutti gli inconvenienti del caso. I pannelli per realizzare una finitura a secco sono sostanzialmente di due tipologie:

- in cartongesso;
- in gesso fibrato.

I pannelli in cartongesso di spessore 12,5 mm rappresentano la soluzione base, ovvero la più economica ed anche la più diffusa (non a caso indicata nella maggior parte delle rappresentazioni contenute in questo libro), ma presentano qualche limite applicativo in virtù dell'elevata igroscopicità del materiale che li costituisce e della conseguente possibilità di deformazioni, che a volte possono tradursi in microcavillature dei giunti. In taluni casi vengono poste in opera lastre di cartongesso doppie, a giunti sfalsati. Per sopperire ai limiti rappresentati dal cartongesso e per offrire una valida alternativa a prezzi ugualmente competitivi, nel mondo dei sistemi ICF – da qualche anno a questa parte – è stata sperimentata con successo l'applicazione delle lastre in gesso naturale, che offrono molti vantaggi:

- maggiore solidità e resistenza, anche al fine dell'applicazione di carichi sospesi;
- maggiore abbattimento acustico;
- migliore reazione al fuoco (Euroclasse A1);
- assenza di additivi sintetici;
- assenza di cellulosa (eliminazione dei presupposti per la formazione di muffe);
- possibilità di essere installate anche in ambienti umidi e non;
- miglioramento della percezione climatica negli ambienti.

Grazie alla totale assenza di cellulosa ed alla microporosità, le lastre in gesso naturale regolano l'umidità degli ambienti assorbendo il vapore emanato in locali più umidi oppure semplicemente quello del corpo umano, rilasciando la quantità necessaria a percepire un comfort abitativo molto piacevole.

Le lastre in gesso naturale favoriscono anche l'abbattimento acustico essendo dotate di microscopici fori superficiali che smorzano l'onda sonora incidente.

Al fine di fornire una descrizione realistica e precisa delle lastre in gesso naturale l'autore ha ritenuto di fare riferimento ad un prodotto specifico, ampiamente applicato nei cantieri ICF. Si tratta della lastra in gesso naturale Placca Carraro GF25 (www.carrarogips.it) che, a differenza di altre presenti sul mercato, è caratterizzata da una miscela che consente l'applicazione della medesima tipologia di lastra in ogni tipologia di ambiente, anche umido, senza dover ricorrere a soluzioni ad idrorepellenza maggiorata.

La posa delle lastre per interni Placca Carraro GF25 sui sistemi costruttivi ICF può avvenire tranquillamente mediante placcaggio diretto. I vari corsi delle lastre devono essere posati "a cortina", sfalsando le lastre di almeno 20 cm.

Terminata la posa dei pannelli si dovrà provvedere a rasare l'intera superficie con una mano della specifica colla a base gesso messa a disposizione dallo stesso produttore della lastra, per rendere omogeneo l'assorbimento di adesivi per piastrelle, pitture, smalti, ecc.

Lo spessore complessivo della finitura interna realizzata mediante l'applicazione di una lastra singola della tipologia sopra descritta, tenendo conto di eventuali irregolarità del supporto, si aggira intorno ai 25-28 mm e quindi è paragonabile, in termini di massa risultante, ad un doppio strato di cartongesso normale.



Figura 3.19 - Realizzazione di volta mediante pannello in polistirene sagomato applicato a colla sui pannelli ICF. Si noti anche la predisposizione di un tubo corrugato.



Figura 3.20 - Vista dell'interno di un edificio realizzato con sistemi ICF. Si notino gli spazi liberi interni e la presenza di un pilastro.



**Pagine non disponibili
in anteprima**



CAPITOLO 4

PARTICOLARI COSTRUTTIVI

Questo libro è nato per dare un contributo tecnico-pratico agli operatori del settore dei sistemi ICF, sia a chi vuole capire, sia a chi deve operarvi a vario titolo. Ed è strutturato come un quaderno di appunti riordinati, derivanti da esperienze professionali. Quindi non poteva mancare il capitolo, indispensabile, dedicato ai particolari costruttivi tratti, tali e quali, dai progetti dell'autore senza correzioni o abbellimenti. Questa assoluta *"autenticità"* degli elaborati proposti rappresenta un aspetto molto importante perché fa capire come si opera, dal punto di vista pratico, nel settore dei sistemi ICF per risolvere i vari aspetti costruttivi, a volte banali e altre volte complessi. Tutti i disegni che seguono sono da intendersi pertanto come soluzioni *"applicative"*, ben diverse dalle *"soluzioni conformi"* che riempiono di teoria i manuali di architettura. In quanto tali sono sicuramente perfettibili, soprattutto dal punto di vista grafico. Ad ogni modo, buona parte delle rappresentazioni strutturali sono state oggetto di verifica – diretta o indiretta – da parte degli uffici del Genio civile e quindi da questo punto di vista assumono una certa valenza.

4.1 PARTICOLARI COSTRUTTIVI ARCHITETTONICI

Si riportano quindi una serie di particolari architettonici (sarebbe più corretto definirli *"edili"*) che, nell'insieme, descrivono i *"nodi"* e gli aspetti costruttivi tipici dell'edilizia residenziale, come ad esempio:

- nodo fondazione-parete controterra;
- nodo boccadilupo-marciapiede-solaio;
- nodo marciapiede-solaio-portafinestra;
- nodo balcone-solaio-portafinestra;
- nodo cornicione-solaio-copertura;
- nodo di unione infisso-parete;
- nodo di unione tramezzatura in cartongesso-solai;
- stratigrafia finiture interne;
- porta scorrevole entro parete ICF;
- dettaglio unione canna fumaria ICF;
- dettaglio parapetto riportato su balcone;
- dettaglio cornicioni e grondaie;
- dettaglio canne fumarie;
- dettaglio lucernaio.

Tutti i particolari costruttivi di questo capitolo vengono anche forniti come contenuti aggiuntivi disponibili nell'Area download collegata al volume cartaceo. L'Area download è accessibile collegandosi all'indirizzo www.legislazionetecnica.it/download ed inserendo il codice riportato nella seconda pagina di copertina dopo aver effettuato il login con le proprie credenziali (chi non fosse in possesso delle credenziali dovrà preventivamente effettuare la registrazione gratuita al sito).

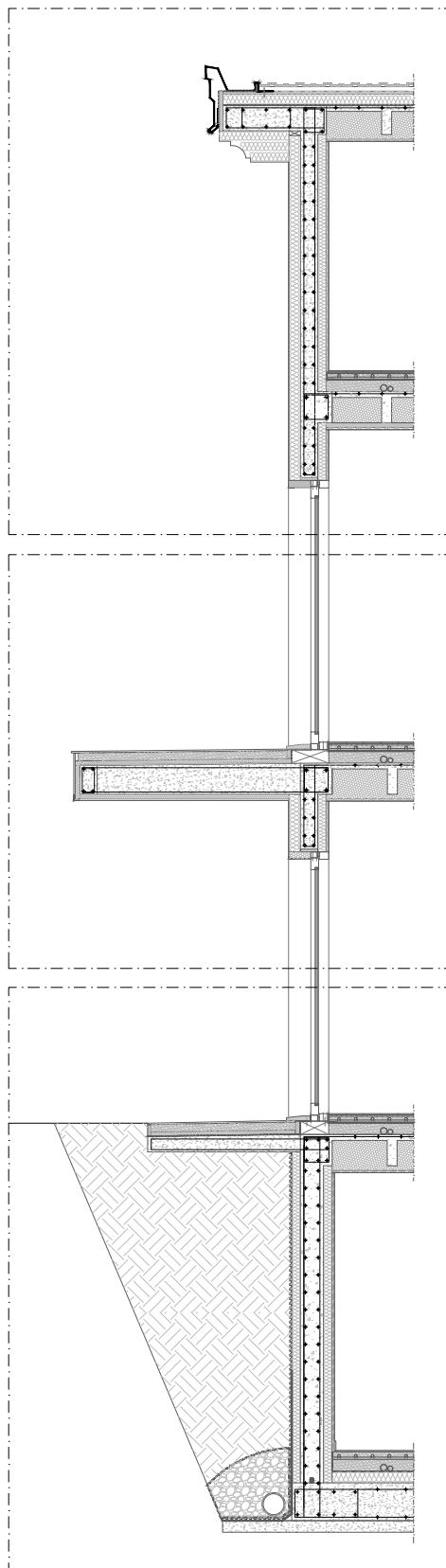


Figura 4.1 - Sezione complessiva della facciata di un edificio realizzato interamente in ICF. I 3 riquadri individuano i corrispondenti ingrandimenti riportati nelle figure successive.

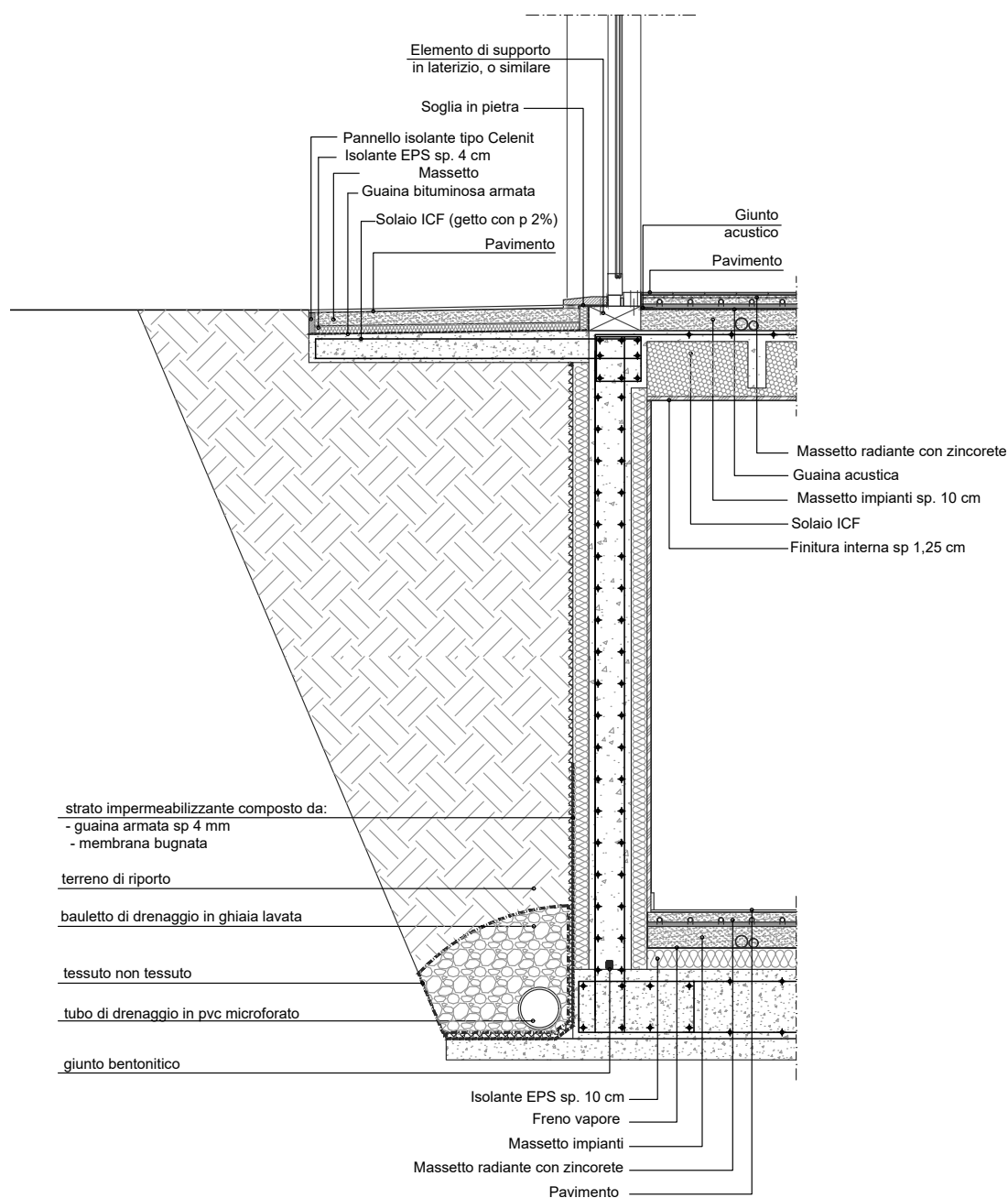


Figura 4.2 - Particolare di una parete controterra in cui sono evidenziati il giunto fondazione-parete, il sistema di allontanamento delle acque, l'impermeabilizzazione e la protezione della parete, il nodo parete-solaio-infisso e il marciapiede realizzato mediante soletta piena di CLS. Posto che la realizzazione di un corretto drenaggio è fondamentale per la tenuta all'acqua delle pareti interrato, soprattutto in presenza di falde, occorre ricordare che esistono numerosi sistemi per impermeabilizzare le pareti ICF: membrane autoadesive; membrane a spruzzo poliuretatiche; guaine bituminose a base acqua. Da escludere, per ovvi motivi di danneggiamento del supporto in EPS, le soluzioni "a caldo". In ogni caso, qualunque sia l'impermeabilizzazione, occorre sempre aggiungere un idoneo strato di protezione in quanto in fase di riempimento il polistirene potrebbe deformarsi e danneggiare le guaine.

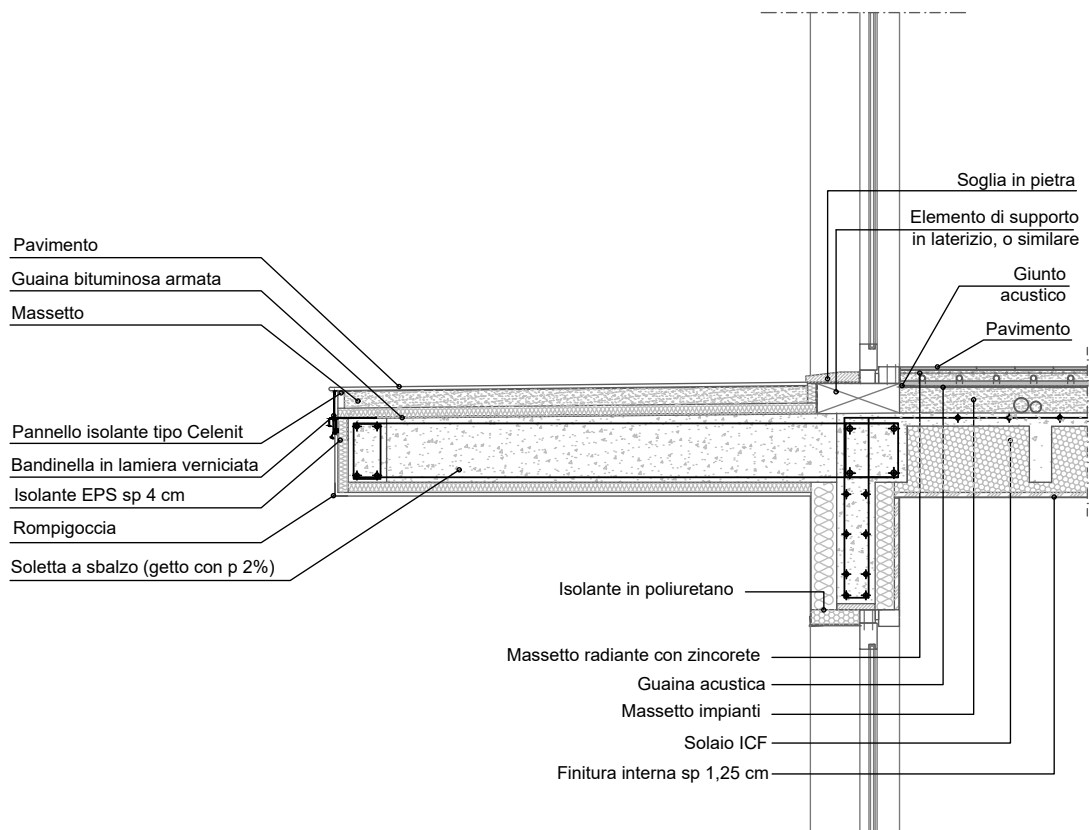


Figura 4.3 - Particolare del nodo balcone-solaio-parete-infisso. Notare la coibentazione che avvolge completamente la soletta del balcone e le modalità di aggancio dell'infisso, con completa eliminazione dei ponti termici.



**Pagine non disponibili
in anteprima**



Tabella riepilogativa armature struttura a pareti a 3 piani regolare.

Quantitativo totale di armatura (in daN)	Rapporto ferro/cls (in daN/m ³)	Ipotesi corrispondenza armatura in opera nelle pareti (media)
1.310	45	Ø 8 passo 25 orizz. e vert.

In termini di quantità di armatura possiamo osservare che quella necessaria per il caso a pareti (1.310 daN) corrisponde al 60% di quella richiesta dai pilastri (1.900 daN). Per un raffronto completo andrebbero paragonati anche i quantitativi relativi ai cordoli di piano (caso della struttura a pareti), pari a circa 800 daN complessivi, con quelli determinati per le travi del caso a telaio corrispondenti a 2.260 daN. Si ricorda infatti che nel caso a telaio le travi hanno la funzione di “portare” i solai, mentre nel caso a pareti i cordoli risultano dei meri elementi costruttivi armati con le armature minime previste dalla norma. Si può concludere che, in totale, per realizzare la struttura a pareti a 3 piani servono circa 2.000 daN di armatura mentre quella a travi e pilastri ne richiede più del doppio, ovvero 4.060 daN.

Inoltre, nella struttura a pilastri il caso dei 3 piani rappresenta un limite, mentre i valori esuberanti in termini di sicurezza ricavati per la struttura a pareti ci consentono di studiare altre tipologie, geometricamente e staticamente più complesse.

10.1.2 Edificio a 4 piani regolare

Passiamo quindi al caso della medesima configurazione regolare in pianta e in altezza con aperture allineate, ma con un piano in più: configurazione regolare con 4 piani (Figura 10.8).

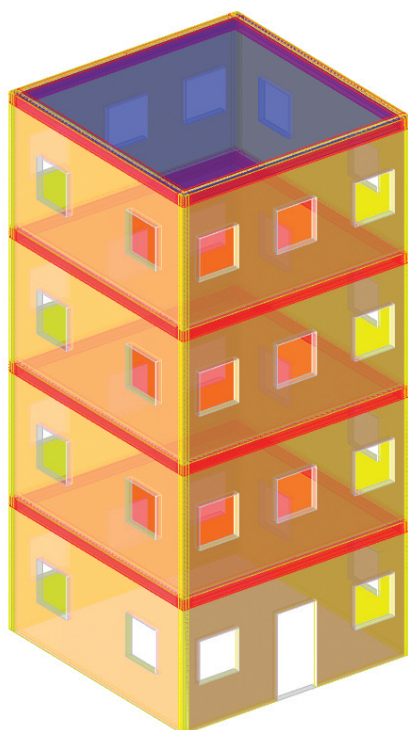


Figura 10.8 - Vista edificio a 4 piani regolare.

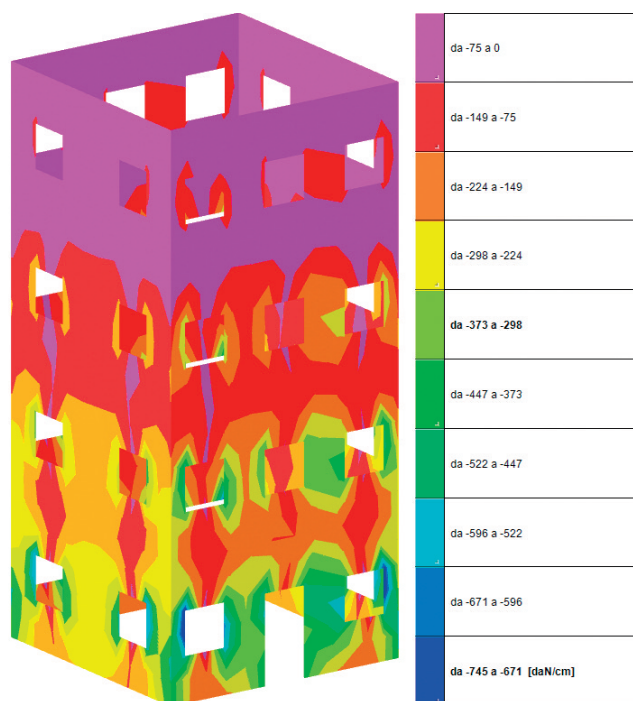


Figura 10.9 - Tensioni f_z massime configurazione a pareti, regolare, con 4 piani.

Anche in questo caso (Figura 10.9) si può facilmente osservare, nonostante il piano in più, l'ottimale distribuzione delle tensioni "normali" negli elementi shell e i modestissimi valori che ne derivano, dell'ordine di 45 daN/cm². Se ora andiamo ad osservare le deformazioni (Figura 10.10) ci accorgiamo che, anche qui, i valori risultano estremamente contenuti, dell'ordine di 1 mm, contro 0,5 mm del caso a tre piani e i ben 20 mm (!) del caso della struttura a travi e pilastri.

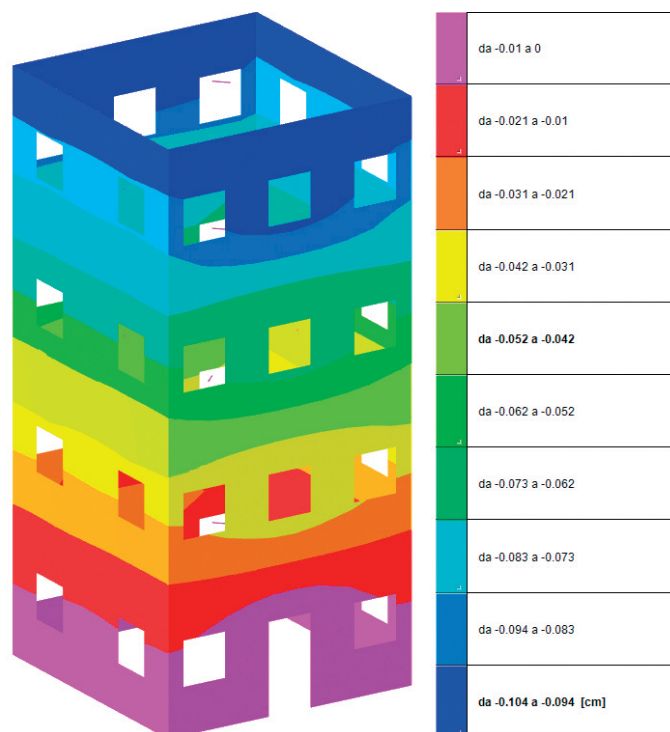


Figura 10.10 - Deformazioni configurazione a pareti, regolare, con 4 piani - SLV - dir. x.



**Pagine non disponibili
in anteprima**



CAPITOLO 11

APPLICAZIONI DIVERSE DEI CASSERI A PERDERE IN POLISTIRENE

I sistemi ICF sono nati e hanno dato prova inconfutabile delle loro pregevoli attitudini nelle numerose applicazioni relative all'edilizia residenziale intensiva, ovvero in tutti quegli interventi fondati, per vari motivi, su esigenze di rapidità esecutiva, sicurezza, risparmio energetico ed economicità. Nel corso degli anni, come già abbiamo avuto modo di spiegare, le applicazioni si sono estese anche ad altri settori dell'edilizia (scuole, caserme, ville, ecc.), con risultati più apprezzabili nei casi caratterizzati da standardizzazione di progetto e di processo.

Parallelamente a questi interventi, che ricoprono la stragrande maggioranza dei casi, sono state individuate, per iniziativa molto spesso dei costruttori, altre possibili applicazioni e varianti del sistema per esigenze costruttive o prestazionali. Alcune hanno avuto successo mentre altre non hanno avuto seguito, probabilmente perché non si era tenuto conto della natura dei sistemi ICF che, lo si ripete ancora, sono nati in un'ottica di standardizzazione del processo edilizio per coniugare sicurezza, risparmio energetico e velocità esecutiva.

In quest'ottica, tanto per fare degli esempi, si è diffuso l'impiego dei casseri ICF per realizzare le piscine mentre si è dimostrato di scarso interesse l'uso dei casseri a perdere in EPS per realizzare le scale. Ma vediamo più in dettaglio alcune applicazioni di varianti particolari dei casseri ICF.

11.1 APPLICAZIONI PER LA RIQUALIFICAZIONE DELL'EDILIZIA ESISTENTE

In alcune situazioni, nel caso di edifici privi di vincoli storici o artistici, è possibile utilizzare i sistemi ICF per realizzare contropareti in c.a. coibentate con la funzione di consolidare muri dissestati o adeguare sismicamente vecchi fabbricati. Ovviamente vi devono essere particolari condizioni per procedere in tal senso, per esempio è necessario poter realizzare una fondazione in c.a. in aderenza al fabbricato da consolidare per dare appoggio alla nuova parete che si viene a creare, non ci devono essere problemi di distanze dai confini (poiché le dimensioni dell'edificio aumentano di almeno 25-30 cm in ogni lato) e l'intervento deve essere diffuso a tutto il perimetro del fabbricato, da cielo a terra.

Si procede anzitutto mediante l'inserimento di spinotti in acciaio con funzione di collegamento tra la vecchia parete e la nuova. Successivamente vengono fissate a muro delle apposite guide nelle quali vengono a loro volta inseriti i distanziali del sistema ICF. Una volta posato il pannello esterno in EPS e il ferro di armatura, si procede al getto andando a realizzare una parete composta nel modo seguente (partendo dall'esterno verso l'interno):

- isolante ICF;
- parete in c.a. gettata nel vuoto creato tra i pannelli in EPS esterni e il muro;
- parete preesistente.

Ciò consente di introdurre, oltre a una parete di rinforzo strutturale, anche la coibentazione e una nuova superficie regolare per l'applicazione della finitura esterna.

Dal punto di vista del progetto sismico si può procedere, a seconda dei casi, affidando tutte le azioni alle nuove pareti e demandando alle preesistenti la sola funzione di sostegno dei carichi verticali trasmessi dai solai. In alternativa si può considerare l'interazione tra la vecchia e la nuova parete (parete composta muratura-c.a.), ma in tal caso occorre conoscere approfonditamente le caratteristiche meccaniche della prima.

Tale soluzione può essere applicata anche nel caso di edifici intelaiati andando a collegare le nuove pareti ai pilastri e alle travi di piano.

Ovviamente non possono essere utilizzati per questo genere di applicazione i pannelli ICF preaccoppiati poiché non consentono di escludere uno dei due pannelli in polistirene.

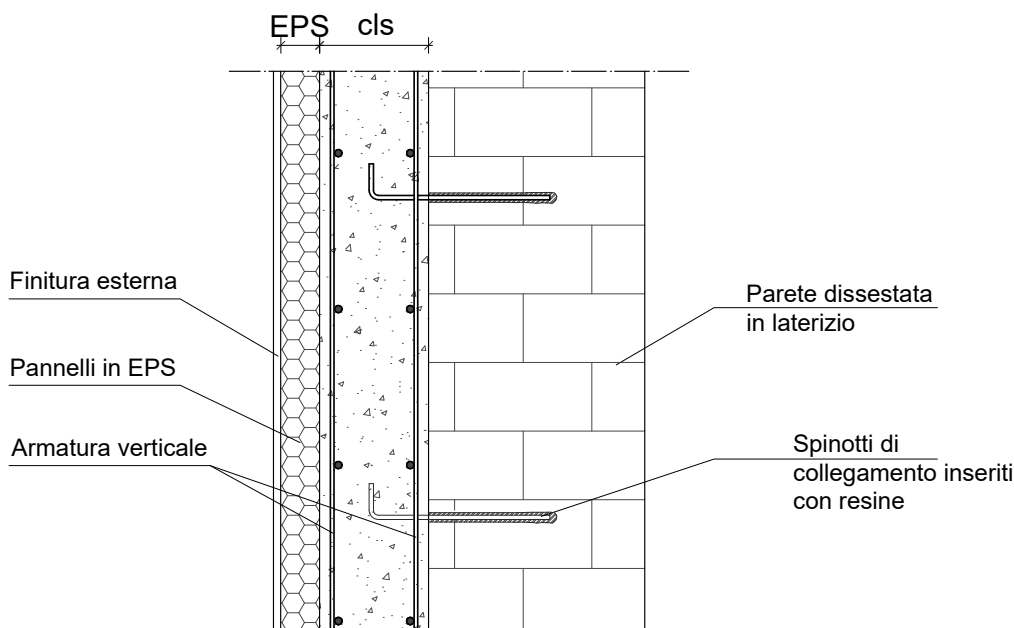


Figura 11.1 - Controparete in ICF su muratura dissestata.

11.2 PISCINE

L'uso dei sistemi ICF per la realizzazione di piscine è ormai molto frequente, in quanto tali sistemi permettono una rapida realizzazione e consentono di mantenere alla giusta temperatura l'acqua interna grazie al doppio strato di isolante. Dal punto di vista operativo l'uso dei casseri ICF facilita le operazioni esecutive di una piscina poiché consente l'inserimento degli accessori, quali bocchette, fari, schimmer e altre apparecchiature che servono per il ricircolo dell'acqua. Le operazioni di finitura esterna della parte controterra sono quelle comuni alle pareti interrato realizzate con sistemi ICF e pertanto prevedono l'applicazione di uno strato impermeabilizzante e la protezione dello stesso prima del rinterro.

Internamente i materiali da applicare sul pannello in EPS possono essere vari, anche se la stratigrafia (che viene estesa anche al basamento) di solito è la seguente:

- primer (ad esempio schiuma di poliuretano);
- impermeabilizzazione;
- finitura.

Quest'ultima può essere realizzata mediante piastrelle, mosaici o intonaci osmotici, oppure in alternativa si possono utilizzare prodotti che creano al tempo stesso l'impermeabilizzazione e la finitura (teli in PVC armato, liner pre-formati). Sul mercato ci sono molte proposte in tal senso.

Il dimensionamento delle pareti delle piscine viene sovente determinato dai vari costruttori, in quanto l'altezza inferiore a 2,00 m (caso frequente) non richiede il deposito di un vero e proprio progetto strutturale. Si invita a prestare attenzione in ogni caso al dimensionamento poiché non è sempre vero che la spinta dell'acqua risulta annullata dal terreno esterno, essendo quest'ultimo di riporto e pertanto privo di caratteristiche meccaniche affidabili. A ciò si aggiunge molto spesso l'effetto di marciapiedi vincolati in testa alla parete stessa che possono trasmettere elevati momenti flettenti, da sommarsi a quello generato dalla spinta idrostatica. In questi casi lo spessore canonico pari a 15 cm della parete in c.a. risulta quasi sempre verificato, ma le armature devono essere determinate previa verifica strutturale da svolgersi caso per caso.

In merito alla forma è opportuno dire che laddove vi siano lati tondeggianti (le piscine sono molto spesso stondate) bisogna fare attenzione che il sistema ICF preso in esame disponga di elementi curvilinei con raggio di curvatura compatibile con il disegno architettonico. Tale coincidenza è piuttosto rara e a poco servono pannelli curvilinei non esattamente corrispondenti alla forma da realizzare in opera. In alternativa si possono sagomare i pannelli in stabilimento effettuando dei tagli finalizzati a poterli piegare sfruttando l'elasticità dell'EPS. Oppure si può procedere tagliando i pannelli ICF "a spicchi", ovvero realizzando una spezzata compatibile con le curvature da realizzare.

È evidente tuttavia che tali operazioni richiedono una grande precisione e pertanto devono essere eseguite solo da personale esperto e da aziende organizzate per questo genere di lavorazioni.

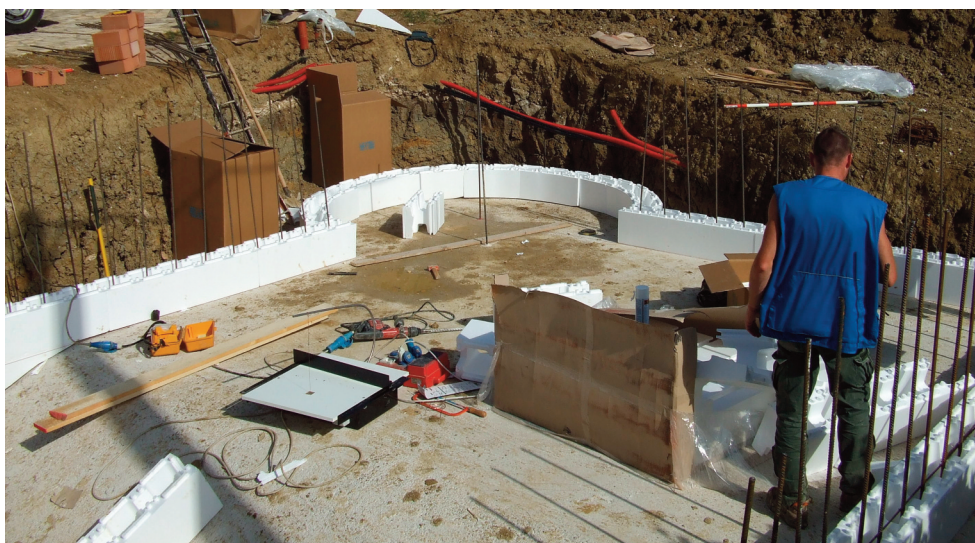


Figura 11.2 - Fasi iniziali della costruzione di piscina con lato curvilineo.



Figura 11.3 - Lato curvilineo della piscina dopo il getto.



**Pagine non disponibili
in anteprima**



CAPITOLO 18

ESEMPIO DI PROGETTO STRUTTURALE REALIZZATO CON SISTEMA ICF

18.1 PREMESSA

Si è ritenuto utile pubblicare anche una breve sintesi di un progetto strutturale di un edificio a pareti portanti, realizzate mediante casseri ICF. L'utilità è quella di mostrare, dal punto di vista "applicativo", i risultati reali che si ottengono nel caso di un edificio a 6 piani, ubicato in zona sismica di terza categoria e realizzato con pareti sottili e solai alleggeriti.

L'edificio è ubicato in comune di Bovisio Masciago (MB) e alla data di stampa della presente pubblicazione risulta in fase di costruzione, come si vede dalla Figura 18.1 (dicembre 2017).

Immagini e informazioni aggiornate è possibile reperirle nel sito www.icfpro.it.



Figura 18.1 - Vista della palazzina in corso di costruzione.

Nello specifico si tratta di una palazzina "gemella" di quella che è stata inserita nel successivo capitolo 20 (par. 20.13), terminata e ormai abitata, che il costruttore ha deciso di replicare alla luce degli ottimi risultati ottenuti.

Quanto segue rappresenta solo una parte del progetto strutturale, che ovviamente non è stato possibile includere per intero nella presente pubblicazione, e che comprende i seguenti elaborati:

- relazione illustrativa;
- relazione di calcolo;

- tabulato di calcolo;
- piano di manutenzione;
- relazione geotecnica;
- relazione geologica;
- elaborati strutturali comprensivi di particolari costruttivi;
- elaborati architettonici.

18.2 DESCRIZIONE DEL FABBRICATO E DELLA STRUTTURA

Il progetto nasce dall'esigenza di realizzare una palazzina composta da 5 piani fuoriterza più interrato, con destinazione d'uso a civile abitazione nel comune di Bovisio Masciago, provincia di Monza e Brianza. La costruzione viene definita come Palazzina B, vista la presenza di una similare costruita nel 2014, denominata Palazzina A.

Il sistema costruttivo previsto è a pareti portanti in c.a. con presenza di alcuni pilastri, setti, cordoli e travi principali ai vari impalcati, anche essi in c.a.

La struttura ha ingombro massimo in pianta pari a 27,60 x 16,50 m, misurato a livello del piano terra e dei piani superiori, mentre a livello del piano interrato l'ingombro maggiore è pari a 37,20 x 29,80 m, escludendo l'ingombro della rampa di accesso ai garage. Lo sviluppo altimetrico è su 6 livelli compresa la fondazione, con un'altezza complessiva dall'interrato pari a 19,60 m fino alla copertura.

La struttura di fondazione è del tipo superficiale con platea di spessore 40 cm, con nervature poste in spessore al di sotto delle pareti e sotto i pilastri. Le strutture verticali sono realizzate con pareti in c.a. di spessore 25, 20 e 15 cm, a seconda dei piani. I solai a livello del piano terra, di tipo predalles, sono di spessore 4/24+5 cm, mentre dal piano primo fino alla copertura, di tipologia alleggerita in EPS, sono di spessore 3,5/24+5 cm.

Le travi ai vari piani hanno sezioni variabili, in altezza ed in spessore, come 20x64, 20x80, 20x60, 22,5x29, 27,5x39, 30x29, 40x29, 40x33, 50x29, 60x29, 72x29, 72x33, 80x29, 100x29, 105x29, 80x33, 100x33. I balconi ai vari piani sono realizzati sempre con la tipologia a solaio alleggerito con casseri ICF, mentre per il cornicione di copertura si è utilizzata una soletta piena di spessore 16 cm. Le scale di collegamento fra i piani sono anch'esse realizzate con soletta piena in c.a. di spessore 16 cm. Per i dettagli sui particolari costruttivi e sulle armature estratte, si fa riferimento alle tavole strutturali allegate.

La "tipologia strutturale" è del tipo a "pareti portanti in c.a." di spessore 20 e 25 cm al piano interrato, spessore 20 cm a piano terra e piano primo, spessore 15 e 20 cm dal secondo alla copertura (i setti da 20 cm sono individuabili nella realizzazione del vano ascensore), armate come da esecutivo strutturale, con armature integrative poste in corrispondenza delle aperture e dei punti di intersezione delle pareti.

Gli interventi sono inquadrabili secondo la normativa vigente riportata nel D.M. 14 gennaio 2008 e successiva circolare esplicativa 617/2009.

Il profilo stratigrafico dei terreni indagati permette di attribuire i seguenti coefficienti:

- categoria C;
- profilo stratigrafico T₁;
- coefficiente di Winkler K=2 (considerando terreno fra poco addensato e mediamente addensato, dato che viene utilizzato per il calcolo dei cedimenti fondali).

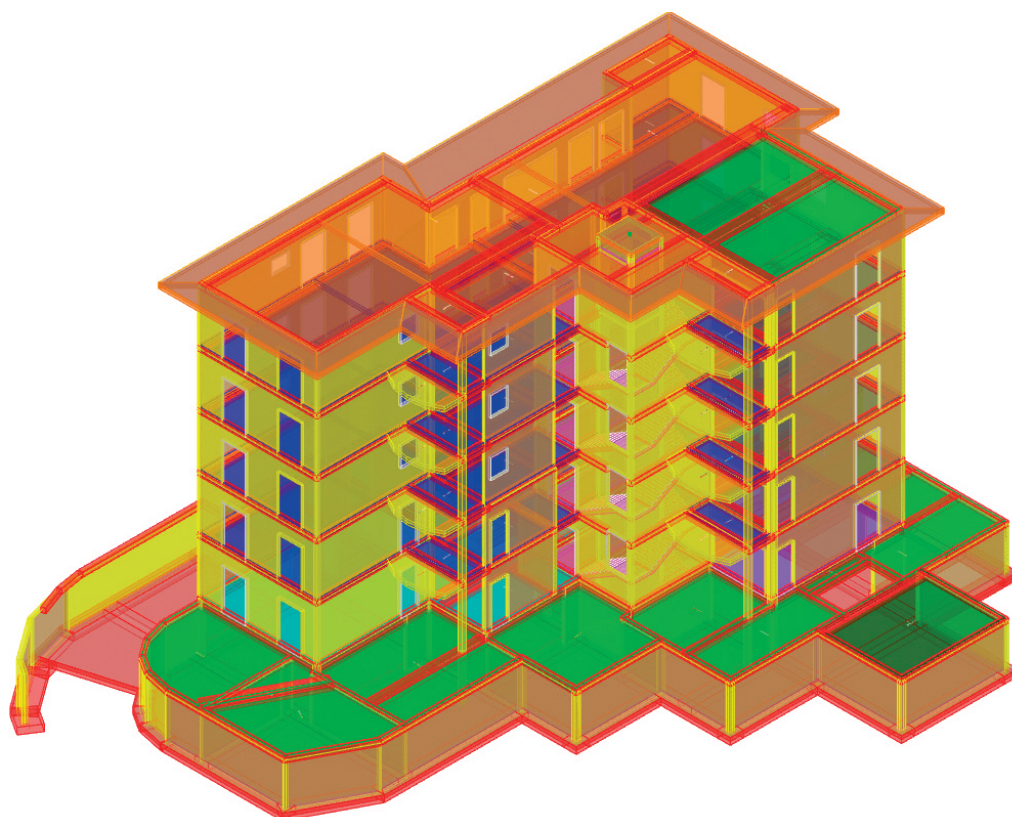


Figura 18.2 - Vista complessiva dell'edificio estratta da Sismicad.

18.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E PARAMETRI DI PROGETTO

La modellazione e la verifica delle strutture sono state condotte secondo le normative vigenti:

- D.M. 14 gennaio 2008, *Norme Tecniche per le Costruzioni*;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*;
- O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274, *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica: Allegato 1 - Classificazione sismica dei comuni italiani*.

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al paragrafo 3.2 del D.M. 14 gennaio 2008 (*"Norme Tecniche per le Costruzioni"*) ed, in particolare, il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della classe d'uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del periodo di riferimento dell'azione sismica;
- individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c^* per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio;
- determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica;
- calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli spettri di progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

- Vita Nominale V_N : 50 anni;
- classe d'uso: classe II;
- periodo di riferimento T_R : 50 anni;
- categoria del sottosuolo: in base alla stratigrafia si è ipotizzato un terreno di categoria C;



**Pagine non disponibili
in anteprima**



20.12 RICOSTRUZIONE DI EDIFICIO BIFAMILIARE - SUSA (TORINO)

Edificio bifamiliare realizzato nel centro storico di Susa in sostituzione di altro fabbricato oggetto di demolizione. L'edificio si sviluppa su tre piani in aderenza ad un preesistente fabbricato rispetto al quale risulta giuntato per evitare possibili fenomeni di martellamento. Presenta ingombro massimo in pianta pari a $12,40 \times 8,20$ m a livello del piano interrato, con restringimento fino a $10,00 \times 8,20$ m dal livello del piano terra fino alla copertura.

La struttura di fondazione è di tipo superficiale a platea di spessore 30 cm, mentre le strutture portanti verticali sono state realizzate a tutti i livelli con pareti ICF aventi spessore del cls pari a 15 cm, con isolamento interno pari a 7,5 cm ed esterno pari a 10 cm, per un pacchetto ICF così composto 7,5/15/10. Tali pareti sono mediamente armate con 1+1 Ø 8/25 orizzontale e 1+1 Ø 8/20 verticale.

Anche le pareti del piano interrato sono realizzate con sistema ICF e presentano uno spessore maggiore di cls, pari a 20 cm, per contrastare le spinte indotte dal terreno e dai sovraccarichi circostanti. Gli impalcati a livello del piano terra, primo e sottotetto sono stati realizzati con solaio alleggerito di spessore complessivo 3,5/16, oltre a 5 cm di soletta armata con rete elettrosaldata.

Il solaio di copertura, a due falde, è l'unico realizzato con una importante struttura in legno massiccio sporgente anche sull'esterno a realizzare i "barbacani" e i cornicioni, secondo lo stile costruttivo tipico della zona. Anche i terrazzini frontali posti al piano primo, per analoghi motivi ed anche per ridurre i ponti termici, sono realizzati mediante profilati in acciaio rivestiti in legno e collegati alle pareti in c.a. per mezzo di apposite piastre, e chiusi superiormente con doppio assito in legno. Il collegamento verticale esterno è stato creato con una scala con soletta in c.a. di spessore 15 cm.

Le fasi realizzative si sono svolte dopo aver messo in sicurezza la strada adiacente per mezzo di una parete in c.a. tradizionale, a sua volta collegata alla nuova struttura ICF.

Dati progetto

Progettista architettonico: arch. Edoardo Gianoli

Progettista strutturale: ing. Cristian Angeli

Destinazione d'uso: civile abitazione e servizi

Epoca di realizzazione: 2014

Zona sismica: 3

Dati tecnici

Tipologia pareti: ICF 7,5/15/10

Tipologia solai: monodirezionali con alleggerimenti in EPS e legno

Sistema di fondazioni: platea

Numero di piani: 3

Classe energetica: A

Figura 20.69. Pianta piano terra.

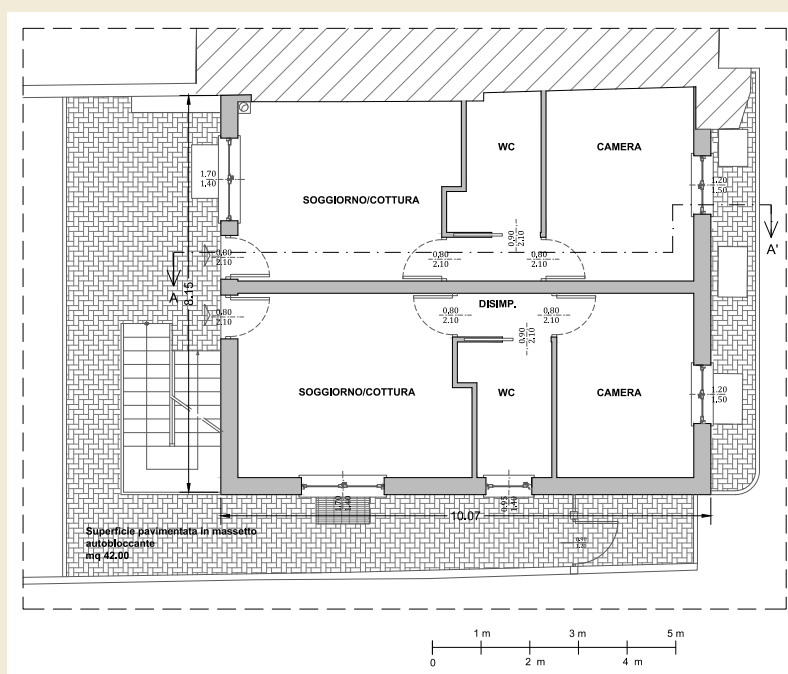


Figura 20.70. Vista frontale (lato strada).

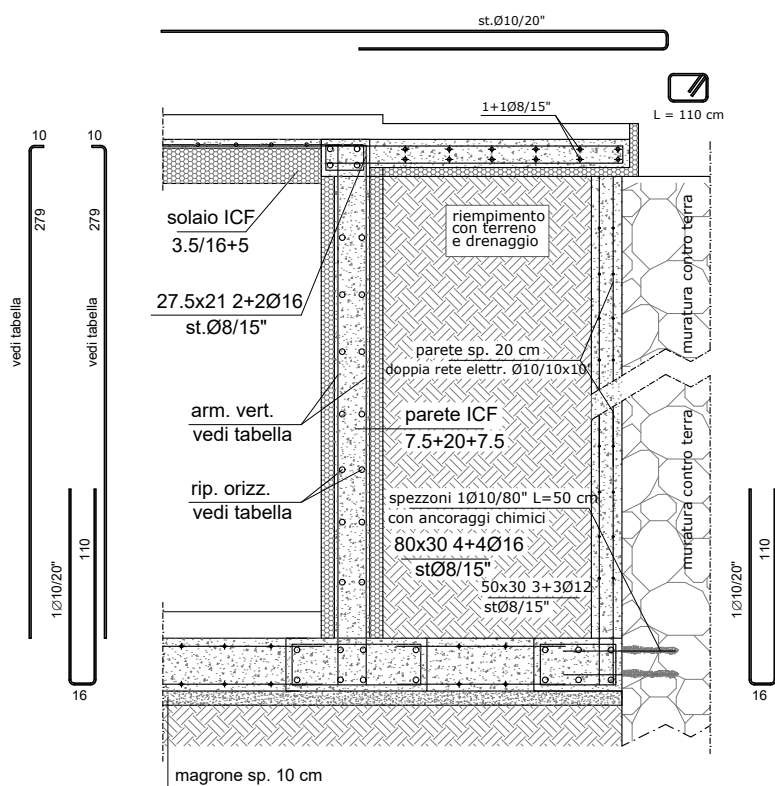


Figura 20.73. Sezione del piano interrato nella zona adiacente alla strada. Si noti la realizzazione di una parete in c.a. tradizionale in aderenza alla parete preesistente da consolidare.

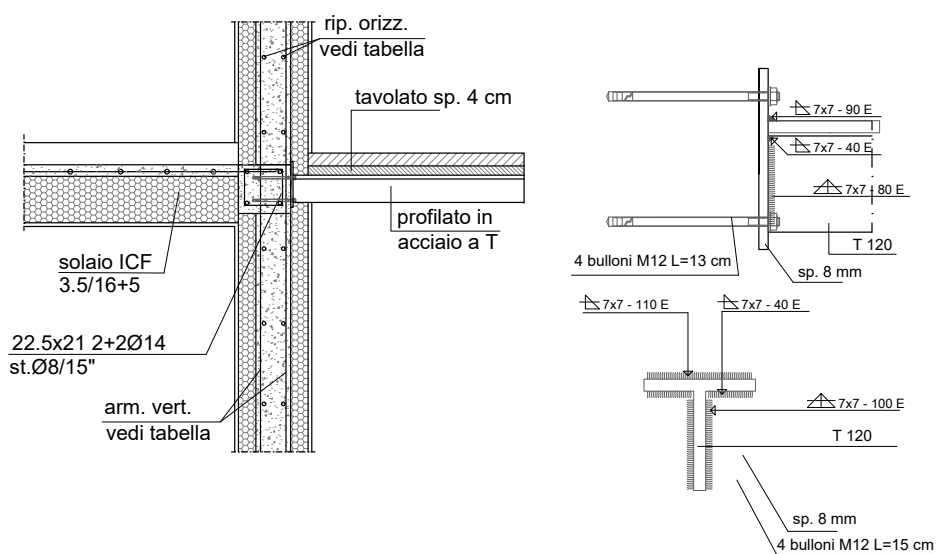


Figura 20.74. Connessione tra profilato in acciaio costituente la trave di sostegno del balcone e la parete ICF.



**Pagine non disponibili
in anteprima**

