

MariaAntonia Barucco

Lightweight Steel Frame

Appunti di ricerca e sviluppo di progetti



Racconti di ricerca



Racconti di ricerca

•

Lightweight Steel Frame

Appunti di ricerca e sviluppo di progetti
di Maria Antonia Barucco

ISBN: 9788899860066

Editore
Officina Libri

via Asolo 12, Conegliano, TV
editoria@officina-artec.com
www.officina-artec.com

Prima edizione: novembre 2016
Distributore: Incipit

Progetto grafico: Margherita Ferrari
Testi e foto sono stati forniti dagli autori

Quest'opera è distribuita con
Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale.



Finito di stampare nel mese di novembre 2016 da PRESSUP, Roma

Questo libro è frutto del lavoro avviato con la ricerca "Le frontiere dell'innovazione tecnologica" (RIC-TD 01-2012 in carico a Maria Antonia Barucco, dipartimento di Culture del progetto), ha goduto dell'appoggio di tre assegni di ricerca finanziati dalla Regione Veneto con fondi FSE - Fondo Sociale Europeo (responsabile scientifico Maria Antonia Barucco; codici progetto 2122/1/31/1148/2013 e 2122/1/11/1148/2013, in carico a Chiara Trojette, Valentina Manfè e Margherita Ferrari).

Questo volume si è avvalso del confronto con la realtà industriale grazie al dialogo con SPH s.r.l. (www.sistemacipa.it) e con ARREX S.p.a. (www.arrex.it), si è arricchito del dialogo con docenti dell'Università Federico II di Napoli e con un numero di altri portatori d'interesse, tanto ampio da non consentirne l'elenco ma che rende doveroso un ringraziamento sincero.

INDICE

- 07 Introduzione
di Maria Antonia Barucco

- 19 Elementi per la progettazione *Design elements*
di Maria Antonia Barucco

- 31 Elementi per la costruzione *Construction elements*
di Maria Antonia Barucco

- 47 Lightweight steel frame e balloon frame, tratti di storia
comune *Lightweight steel frame and balloon frame, historic
common features*
di Vittorio Oreste Manfron

- 65 Eco-efficienza, innovazione tecnologica, off-site
manufacturing: i sistemi costruttivi in Cold Formed
Steel *Eco-efficiency, technological innovation, off-site
manufacturing: cold formed steel systems*
di Sergio Russo Ermolli

- 81 Opportunità di sviluppo per un'architettura di qualità
Development opportunities for a high-quality architecture
di Valentina Manfè

- 97 La definizione del sistema LSF: dal progetto al cantiere *LSF
system definition: from the project to the construction site*
di Margherita Ferrari

- 109 Il BIM e la progettazione integrata in Lightweight Steel Frame **The BIM and the Lightweight Steel Frame integrated planning**
di Emilio Antoniol
- 117 Costruire con i profili sottili di acciaio formato a freddo: tra ricerca e sperimentazione **Cold formed steel construction: from research to field test**
di Monica Antinori e Federica Scavazza
- 131 Nuovi obiettivi per il settore delle costruzioni **New engineering goals**
di Chiara Trojette
- 141 I sistemi LSF per l'housing eco-efficiente nei Paesi emergenti. Progetto e Life Cycle Assessment di un alloggio per la Regione di Dakar **LSF construction for the eco-efficient housing in the developing countries. Project and Life Cycle assessment of a building in Dakar**
di Antonio D'Acunzi
- 155 A misura d'uomo **Human oriented**
di Maria Antonia Barucco
- 171 Linea del tempo: acciaio e industrializzazione **Steel and industrialization timeline**
di Maria Antonia Barucco



Elementi per la costruzione Construction elements

MariaAntonia Barucco

**Architetto e dottore di ricerca in Tecnologia dell'architettura,
ricercatore presso Dipartimento di Culture del progetto,
Università Iuav di Venezia**

The Lightweight Steel Frame technology (LSF) employs profiles made by thin steel and manufactured by cold forming. This technology dates back to the mid-1800s and today the flexibility of the industrialized production enables innovations and benefits in the use of it: buildings can be designed with a very high level of detail, using the precision of the industrial design or on-demand production. Each profile in Cold Formed Steel (CFS) is designed and built for a specific purpose and industrial finishing follows the work of the designer, without imposing constraints, such as modularity and mass production. The manufacturing of cold-formed steel rods is made by profiling, or press bending. The use of CAD/CAM solutions for the design and the production promote the diffusion of profiling during LSF processing. The CFS rods can be produced of whatever length (even all of different lengths) from the same sheet metal strip and without interrupting or slowing down the processing. Furthermore, shapes and profiles can be many and different. The manufacturing is highly customizable, just so the changes in shapes and profiles are carried out in compliance with the UNI EN 1090 and meet the tolerances required by law.

Design a building with the LSF system requires attention to several issues. The CFS is a real system and affects the calculation of the structures so, a correct approach to the project is crucial. The collaboration between designer, structural engineer, engineering, manufacturer, and construction company can't be underestimated. The quality of the project and of teamwork allow to realize low cost buildings in a short time and with high performance. These design principles also allow the development for an accurate sustainability analysis. Thanks to the Life Cycle Analysis (LCA), all kinds of processing can be described in terms of energy and CO₂ emission costs. This analysis can be performed right from the materials production and construction elements. The research focuses on the project and the buildings even during the phase of use, consider maintenance and theorize the disassembly operations (or demolition) and recycling (or reuse) of the constituent parts of the buildings.

Some early data collected, even about the end of life of buildings (case studies), show the advantages associated with dry machining in terms of savings in economic and environmental costs in comparison with buildings constructed with traditional technologies.

La tecnologia *Lightweight Steel Frame* (LSF) impiega profili in acciaio di spessore sottile realizzati tramite sagomatura a freddo. Questa tecnologia, che fonda le proprie origini a metà del 1800, trova oggi nuovi spunti e vantaggi grazie alla flessibilità della produzione industrializzata: è possibile progettare edifici con il livello di dettaglio tipico del disegno industriale e delle produzioni *on demand*. Ogni profilo in acciaio sagomato a freddo (*Cold Formed Steel*, CFS) è disegnato e realizzato per uno specifico scopo e la lavorazione industriale segue la progettazione senza imporre i vincoli della modularità e della serialità.

Le modalità di realizzazione di una struttura in acciaio sagomato a freddo hanno mutuato dall'industria del legno americana alcune classificazioni: una costruzione realizzata con pareti continue prende il nome di *balloon frame* e se i solai interrompono lo sviluppo delle pareti il sistema è detto *platform frame*. Il *balloon frame* in passato consentiva un risparmio di elementi costruttivi per gli orizzontamenti e una migliore tenuta all'aria delle chiusure perimetrali. Oggi non sono più riscontrabili questi vantaggi e si impiega spesso il *platform frame*, impiegando ogni solaio come base per la realizzazione delle strutture di elevazione e del successivo impalcato orizzontale. Non vi sono limiti nella composizione dei pacchetti tecnologici e i progetti si sviluppano solitamente con stratigrafie interamente realizzate a secco. I profili di CFS (anche detti aste) sono generalmente prodotti con acciaio S350 (e comunque in rispondenza a quanto indicato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni e UNI EN 10025, 10146, 10149 e 10326). Possono avere spessori e geometrie variabili a seconda che siano elementi strutturali o meno. La gamma degli spessori consentiti dalla normativa parte da 0,6 mm e arriva a 15 mm; generalmente si impiega acciaio di 10/10 mm di spessore per gli usi strutturali (si impiegano lamiere anche di 3 mm, meno frequenti sono i profili strutturali di 8/10 mm), le aste non portanti vengono invece in genere realizzate con spessori di 5/10 o 6/10 di mm.

Chiusure e partizioni verticali

Le pareti portanti sono realizzate grazie allo sviluppo e alla messa in opera di un sistema di profili CFS, definiti in relazione alla loro funzione:

- i montanti (*studs*), disposti in verticale, hanno il compito di trasmettere i carichi a terra;



Figura 1. Struttura in acciaio sagomato a freddo, foto di cantiere. *Immagine di SPH S.r.l.*

- i traversi (*joists*) hanno disposizione orizzontale e permettono di stabilizzare i montanti e contrastare le deformazioni;
- i diagonali (*diagonals*) controventano il sistema, impedendo le deformazioni del telaio che costituisce la parete.

Per la realizzazione dei montanti generalmente si impiegano elementi a sezione C con un interasse di 600 o di 1200 mm, una distanza indicata anche per agevolare la messa in opera dei pannelli di rivestimento, ottimizzare i tempi di lavorazione, ridurre i tagli e gli scarti in cantiere. I profili a C più diffusi in Italia hanno l'anima di 90 mm (*web*), ali da 40 mm (*flange*) irrigidite da un'ultima piega a formare bordi di 10 mm (*lips*); più di rado vengono impiegati profili con anima di 150 mm. Analoghi elementi sono utilizzati come guide (o binari): si tratta dei terminali superiori e inferiori di tutte le aste montanti. Al di fuori dei contesti più innovativi le guide vengono realizzate con profili ad U, senza *lips*, in modo da agevolare l'inserimento dei montanti: questa soluzione deriva dalla prassi costruttiva americana, più legata all'autocostruzione e che al preciso controllo del progetto consentito dai processi CAD/CAM e BIM.

Con un progetto esecutivo ben sviluppato, la macchina profilatrice produrrà guide a C con *lips* interrotti (*lips notch*) nei punti esatti dove dovrà essere inserito il montante. In modo analogo si realizzano anche i fori per l'inserimento delle viti che connettono tra loro le aste (*truss hole*) e i fori per il passaggio degli impianti (*service hole*). Questo genere di lavorazioni fa sì che in cantiere arrivino aste sulle quali non sono necessarie lavorazioni di taglio o sagomatura, ogni asta è marchiata con i codici definiti dai disegni e dagli schemi di montaggio delle varie parti dell'edificio: il montaggio avverrà senza necessitare di ulteriori misurazioni o verifiche dei passi strutturali. Usualmente i traversi (o correnti orizzontali) sono disposti ad una distanza di circa 800 mm l'uno dall'altro e realizzati mediante profili ad U (senza *lips*), forati per il passaggio dei montanti (lavorazione detta *nogging notch*). In Italia è raro che i traversi vengano realizzati con elementi piani non sagomati: i nastri collaborano all'irrigidimento della struttura solo con la sezione resistente al taglio e sono privi delle ali che, nei profili ad U, rinforzano l'anima del profilo. Per evitare le deformazioni del telaio-parete, i montanti e i traversi vengono controventati con profili a C (con *lips*) o con elementi piani. Nel primo caso è necessario realizzare tagli inclinati agli estremi dei profili (lavora-

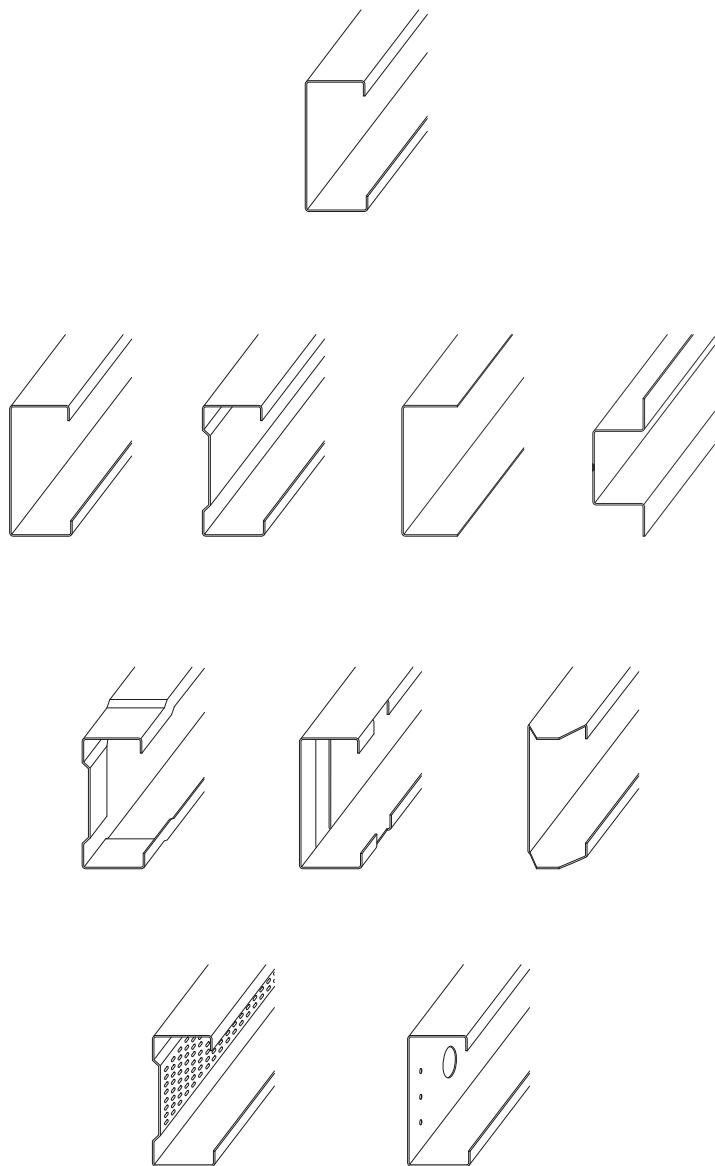


Figura 2. Possibili sagome e lavorazioni di aste in acciaio sagomato a freddo. *Immagine di Margherita Ferrari.*

zione detta *web notch*), i quali consentono di porre in opera i controventi nello spessore dei montanti e dei traversi; la giunzione tra le aste avviene grazie a viti a testa flangiata. Nel secondo caso gli elementi piani vengono sovrapposti all'intelaiatura, si sviluppano senza interruzione e vengono giuntati a montanti e traversi tramite l'impiego di viti autoperforanti che forano le lamiere senza richiedere la realizzazione di fori in fase di produzione (*truss hole*) o lavorazioni in cantiere quali la trapanatura.

Chiusure e partizioni orizzontali

La struttura degli impalcati orizzontali (*floor systems*) viene realizzata mediante la disposizione di travetti il cui interasse è pari o doppio rispetto a quello dei montanti. Ogni travetto può essere realizzato adottando una delle seguenti soluzioni, la prima più diffusa in ambito anglosassone e la seconda impiegata in Italia e nei Paesi esteri in cui sono più attive le imprese italiane:

- un unico profilo a C o a Z che, mediamente, per un'anima di 300 mm prevede l'impiego di lamiere d'acciaio spesse 3 mm;
- una trave reticolare di altezza minima pari a 250 mm (altezze inferiori rendono difficile il montaggio): la trave è realizzata con profili a C (con *lips*) e con acciaio 10/10 di mm di spessore.

In entrambi i casi va posta particolare attenzione alla snellezza dei travetti (va evitata l'instabilità, gli elementi in acciaio sagomato a freddo non si devono deformare eccessivamente) e alla scelta delle viti impiegate per le giunzioni (se non vengono scelte accuratamente c'è il rischio che si rompano per taglio). Per quanto riguarda le giunzioni, queste possono essere considerate degli incastri solo se è prevista la connessione tra travetti e montanti in più punti lungo l'altezza dei travetti: solo così sarà possibile la trasmissione del momento alle aste verticali della struttura.

Progettazione strutturale

La progettazione strutturale, secondo le indicazioni dell'Eurocodice 3, va eseguita *all-steel design*, cioè senza considerare il contributo di irrigidimento che possono offrire i pannelli di tamponamento. La proget-

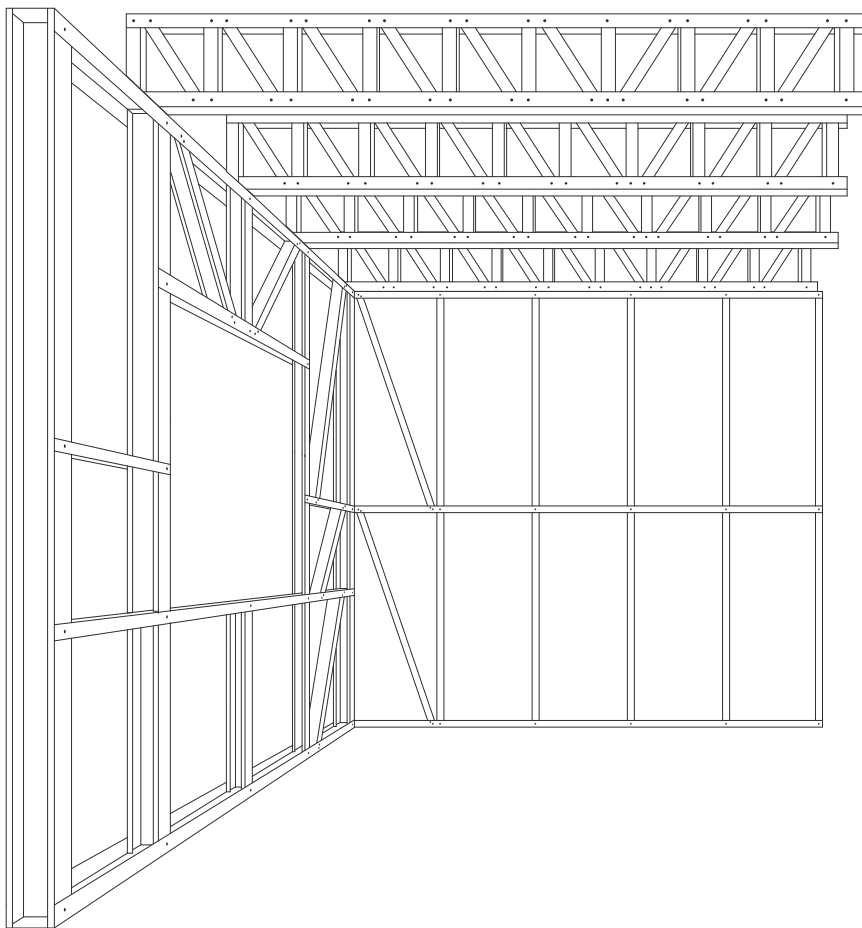


Figura 3. Schema di parete e solaio in acciaio sagomato a freddo. *Immagine di Margherita Ferrari.*

tazione di un telaio in acciaio sagomato a freddo avviene tramite l'ausilio di *software* per il calcolo delle strutture complesse che permettono di dimensionare *ad hoc* ogni singolo nodo ed elemento e, al contempo, di effettuare le varie analisi per la verifica di stabilità dell'intera struttura. La verifica all'instabilità viene effettuata sulla base della sezione equivalente (non lorda) dei profili, ed è in relazione a tale calcolo che vengono progettati e verificati anche i fori per la disposizione degli elementi di giunzione tra le aste. Inoltre, proprio perché la sezione non è piena, bisogna porre particolare attenzione al comportamento dei profili soggetti a momento torcente.

Il riferimento principale per affrontare l'analisi strutturale delle costruzioni LSF è il lavoro del prof. Raffaele Landolfo, i cui esiti hanno fruttato la messa a punto dell'Eurocodice 3 (2012) e la pubblicazione del volume *Design of Cold-formed Steel Structures* (2012). Alcuni riferimenti essenziali per la progettazione strutturale delle opere in acciaio sagomato a freddo sono riassunti anche nel volume *Acciaio e Sostenibilità* firmato dai professori Raffaele Landolfo e Sergio Russo Ermolli (2002). Nei paesi che non prendono a riferimento l'Eurocodice è spesso possibile progettare *sheathing braced design*: secondo questo approccio si considera il ruolo strutturale delle aste in CFS e dei pannelli (che possono essere realizzati in compensato multistrato, cemento fibrorinforzato, OSB, truciolari, ecc.), i quali collaborano all'assorbimento delle azioni e possono ridurre, ad esempio, la freccia dei solai o la deformazione dei telai parete. In entrambi i casi le connessioni sono una parte essenziale del progetto, sia per le giunzioni acciaio-acciaio che per il montaggio delle stratigrafie di progetto all'intelaiatura in CFS.

Connessioni

Come visto, le connessioni avvengono solitamente grazie ad elementi puntiformi quali bulloni, viti e rivetti. Le viti con testa flangiata sono largamente impiegate nel contesto italiano; negli Stati Uniti vengono più di frequente utilizzate viti autoperforanti o rivetti per il collegamento tra aste di CFS dagli spessori sottili. Per spessori di metallo superiori (ad esempio: 3 mm) vengono invece impiegati sistemi a bulloni. È bene che tutti gli elementi impiegati per la connessione delle aste di CFS e per la

realizzazione delle stratigrafie siano certificati come resistenti agli alcali ($sst=1000$ ore test). La scelta dei dispositivi di connessione può essere influenzata da diversi fattori: le condizioni di carico, lo spessore e la tipologia dei materiali coinvolti, la resistenza richiesta, il costo, il tempo della messa in opera, la preparazione della manodopera impiegata in cantiere. È di primaria importanza valutare gli elementi di connessione in relazione alla loro durata e alla durata dell'opera da realizzare, e quindi alla qualità della lamiera e della produzione che definiscono le caratteristiche delle aste in CFS. Il mantenimento in funzione della connessione è una questione rilevante e non semplice da prevedere nel caso si impieghino i rivetti che, con il ciclo d'uso dell'edificio, possono allentarsi o allargare il foro nel quale fanno presa (si considerino, ad esempio, la spinta del vento o le dilatazioni termiche a cui la struttura è sottoposta).

Nella progettazione delle connessioni tra le aste in acciaio è fondamentale definire la qualità del foro attraverso il quale tali giunzioni verranno poste in essere. Ogni asta in CFS ha un ruolo strutturale nel complesso del telaio che definisce il progetto e ogni foro per la realizzazione di una connessione può influire sul mantenimento della qualità nel tempo della struttura. La durabilità delle aste in acciaio sagomato a freddo è garantita dalla zincatura ma non è possibile garantire una completa protezione dalla ruggine se le aste vengono tagliate o forate in cantiere. Le lavorazioni in officina non tagliano la lamiera ma la tranciano attraverso un sistema di lame che lavorano come delle ghigliottine, praticando incisioni nette che “trascinano” lungo lo spessore della sezione il rivestimento di zinco e magnesio che protegge il nastro di metallo lavorato dalla profilatrice: i tagli e i fori che vengono realizzati in officina sono dunque ben diversi dalle lavorazioni realizzate in cantiere con strumenti quali cesoie o trapani.

Zincatura dell'acciaio

La protezione dell'acciaio dalla corrosione è uno dei principali temi toccati dalle domande dei committenti e dei progettisti interessati all'impiego di questa particolare tecnologia: è importante considerare il rischio della ruggine sin dalla scelta dei nastri in acciaio oltre che durante la progettazione e l'esecuzione dell'opera edile. La zincatura

prevede l'applicazione di uno strato protettivo di zinco che reagisce chimicamente e garantisce la protezione dell'acciaio nel caso di un graffio o di un qualunque altro danno simile. La zincatura più diffusa per la lavorazione delle bobine d'acciaio destinate a diventare nastri per la produzione di elementi in CFS è la zincatura continua a caldo (secondo il metodo Sendzimir). L'acciaio sottoposto a tale lavorazione viene contrassegnato con una sigla in cui le lettere indicano la composizione chimica dello strato protettivo e un numero a tre cifre descrive il suo spessore in g/mm.

Uno dei fronti di innovazione nei processi di zincatura è quello relativo alla composizione chimica dello strato di rivestimento: è infatti possibile combinare lo zinco con altri elementi quali il magnesio, l'alluminio o il silicio. In questo modo si avrà un'altissima resistenza alla corrosione ed eccellenti prestazioni meccaniche, idonee per la formatura, la foratura e lo stampaggio a freddo. Non ultimo, anche l'impiego di macchinari avanzati per la sagomatura è garanzia del mantenimento di un efficiente strato di zincatura. Come accennato precedentemente, spostare le lavorazioni di dettaglio dal cantiere all'officina non è un problema: grazie a sistemi di progettazione CAD/CAM è possibile progettare le connessioni in modo esatto e realizzare aste con tutti i tagli e i fori utili all'assemblaggio e al passaggio degli impianti. Sono le macchine profilatrici a praticare questo genere di lavorazioni, seguendo i disegni di dettaglio; per agevolare lo sviluppo di elaborati contenenti un gran numero di informazioni e particolari sono oggi disponibili gli strumenti BIM (*Building Information Modeling*), che consentono l'interazione simultanea di differenti professionisti su di un unico elaborato di progetto: ogni modifica che viene effettuata aggiorna automaticamente tutti gli elaborati di progetto (compresi gli elaborati di calcolo strutturale e impiantistico).

La praticità di tali *software* è proporzionale all'aggiornamento degli strumenti e delle competenze di ogni professionista; anche se i mezzi e gli strumenti non sempre sono d'avanguardia, è riscontrabile una sempre maggiore comunicazione e condivisione delle informazioni tra i soggetti che partecipano alla progettazione degli edifici in CFS. Vengono messi in pratica i principi della progettazione integrata teorizzata sin dai tecnologie degli anni '60 e la realizzazione dell'opera si avvantaggia di un elevato livello di precisione oltre che di grandi risparmi in termini di tempi e di costi.



Figura 4. Nastri di lamiera zincata dello spessore di 10/10 mm. *Immagine di Valentina Covre.*

Figura 5. Assemblaggio in officina di una parete in acciaio sagomato a freddo. *Immagine di Valentina Covre.*

Produzione delle aste

La modellazione delle aste a cui si è fatto riferimento è condotta tramite profilatura; in alternativa è possibile lavorare attraverso pressopiegatura. Le due tipologie di lavorazione possono essere definite efficacemente in funzione del tipo di prodotto piano impiegato: la pressopiegatura lavora le lamiere che hanno dimensioni definite già prima di essere sottoposte a piegatura, la profilatura è una lavorazione continua che impiega nastri d'acciaio la cui lunghezza viene determinata dalla macchina profilatrice stessa. La pressopiegatura è quindi volta a determinare esclusivamente la geometria delle sezioni, non la lunghezza delle aste. Questo è il motivo per cui, con l'avvento delle più moderne macchine CAD/CAM, la profilatura si è fortemente diffusa nel campo della lavorazione dell'acciaio per strutture LSF: si possono realizzare aste in CFS della lunghezza desiderata (anche tutte di lunghezze diverse) a partire dallo stesso nastro e senza interrompere o rallentare la lavorazione. È inoltre possibile produrre un numero grandissimo di sagome e profili, tutti altamente personalizzabili purché le modifiche avvengano in conformità alla UNI EN 1090 e rispettino le tolleranze previste dalla normativa. La profilatrice, a fine processo, verifica con il *laser* le dimensioni dei profili e, se adeguati alla messa in opera, li sigla con i codici identificativi utili per il montaggio, sia che questo avvenga in officina che in cantiere.

La produzione delle aste in CFS è molto rapida: le aste per la realizzazione di un'abitazione di circa 150 mq vengono prodotte in mezza giornata di lavoro in officina (impiegando un addetto al controllo qualità che opera a valle della profilatrice). Oltre ai vantaggi legati alla precisione e alla rapidità della produzione, va considerata anche la leggerezza dei singoli elementi di cui è composto il telaio: non sono necessari specifici mezzi di sollevamento in cantiere per la messa in opera o per il trasporto. L'assemblaggio delle aste può avvenire senza necessariamente impiegare un grande numero di operai o macchinari particolari perché le lavorazioni si sviluppano in modo rapido in quanto precedentemente verificate con grande dettaglio: l'assemblaggio delle parti costituenti una travatura reticolare alta 35 cm e lunga 6 m non impiega due montatori per più di 8 minuti di lavoro (l'assemblaggio avviene tramite avvitatore, le viti a testa flangiata vengono serrate sui

fori eseguiti per ghigliottinamento dalla profilatrice). Il tutto comporta una significativa riduzione dei costi delle tecnologie CFS al confronto con altri prodotti per l'edilizia che richiedono tempi di lavorazione in stabilimento o in cantiere ben più lunghi.

Progetto e messa in opera

La classificazione del sistema costruttivo vede tre tipologie che differiscono per il luogo e il momento dell'assemblaggio delle aste in CFS:

- *stick-built*: il telaio viene assemblato interamente in cantiere;
- *panel*: il cantiere riceve e mette in opera i telai (pareti e solai) precedentemente assemblati in officina;
- *volumetric* : vengono posti in opera i moduli tridimensionali realizzati in officina (sistema molto diffuso per la realizzazione di moduli bagno o bagno-cucina).

Ciascun sistema costruttivo è integrabile con gli altri: spesso in cantiere non è presente solo una soluzione e la semplice integrabilità favorisce anche gli interventi di riqualificazione del patrimonio edilizio esistente. Inoltre è possibile condurre in cantiere elementi *panel* o *volumetric* già dotati di una serie di lavorazioni e di finiture che, solitamente, avvengono più tardi: la convenienza di una tale scelta può essere riferita al controllo delle esecuzioni in un ambiente protetto e alla riduzione delle lavorazioni, dell'inquinamento e dei tempi di lavorazione in cantiere. Progettare un edificio con il sistema tecnologico LSF significa prestare particolare attenzione a diversi temi. La scelta dell'acciaio sagomato freddo non influenza esclusivamente il calcolo delle strutture ma, trattandosi di un vero e proprio sistema costruttivo, è determinante un corretto approccio al progetto. Costruire in acciaio sagomato a freddo richiede a progettisti, ingegneri, impiantisti e produttori di lavorare all'unisono e in accordo con il committente: il controllo di ogni aspetto in fase di progetto renderà rapida ed economica la realizzazione di una costruzione a patto che non siano necessarie grandi variazioni in corso d'opera. La struttura in acciaio sagomato a freddo è pensata e calcolata come un insieme di elementi che collaborano tra loro. Cambiare gli elementi di un tale sistema può richiedere sforzi e variazioni che non pos-

sono sempre essere praticati con semplici correzioni come, ad esempio, avviene con la realizzazione delle tracce per il passaggio degli impianti in un edificio realizzato con tamponamenti in laterizio forato.

È l'efficacia del progetto e il lavoro di squadra a garantire la perfetta composizione dei pacchetti costruttivi e ciò è rilevante considerando le prestazioni termiche, termoigrometriche, acustiche e di resistenza al fuoco dell'edificio. Impiegando il sistema costruttivo LSF tali caratteristiche sono facili da soddisfare purché vengano seguiti alcuni principi fondamentali: si deve prestare attenzione alla scelta dei materiali, al progetto delle giunzioni e dei nodi. Vanno inoltre individuate soluzioni idonee per ogni specifico impianto messo in opera. Gli stessi principi progettuali consentono di ridurre al minimo gli scarti e i rifiuti da lavorazione in cantiere. Sommando a ciò i temi delle costruzioni a secco, quali la reversibilità della costruzione (che non verrà demolita ma "smontata" alla fine del suo ciclo di vita), si possono prevedere già oggi i vantaggi ambientali che le ricerche in atto stanno definendo in termini numerici e attraverso certificazioni. Il riferimento principale per questo genere di analisi è il lavoro della prof.ssa Monica Lavagna e del gruppo di ricerca del PoliMi indirizzato dal prof. Andrea Campioli allo studio del ciclo di vita degli edifici. Tali ricerche sono volte alla definizione dei costi ambientali degli edifici, non limitandosi all'analisi e alla documentazione dei costi energetici in fase d'uso. Grazie alla *Life Cycle Analysis* (LCA) è possibile tradurre in termini di costi energetici ed emissioni di CO₂ ogni genere di lavorazione operata sin dalla produzione dei materiali e degli elementi costruttivi. Le ricerche analizzano il progetto e gli edifici anche durante la fase d'uso, considerano gli interventi di manutenzione e teorizzano le operazioni di dismissione, smontaggio (o demolizione) e riciclo (o riuso) delle parti costituenti gli immobili. I primi dati raccolti in merito al fine vita di alcuni edifici casi studio mostrano i vantaggi connessi con le lavorazioni a secco in termini di risparmio di costi economici e ambientali al confronto con costruzioni realizzate con tecnologie tradizionali.

Bibliografia

- Barucco MA., *Progettare e costruire in acciaio sagomato a freddo*, Edicom, Monfalcone 2015.
- Campioli A., *Costruire in acciaio e risparmiare energia*, Costruzioni Metalliche, n.1, luglio-agosto 2008.
- Campioli A., Lavagna M., Parolini R., *Cicli di vita dell'acciaio. Valutazione ambientale LCA di un edificio temporaneo, il Campus Point di Lecco*, in *Costruzioni Metalliche* n.1, luglio-agosto 2008.
- Dubina D., Landolfo R., Ungureanu V., *Design of Cold-formed Steel Structures: Eurocode 3: Design of Steel Structures. Part 1-3 Design of Cold-formed Steel Structures*, ECCS - European Convention, 2012.
- Elhajj N. (NAHB Research Center) , *Residential Steel Framing - Fire and Acoustic Details*, U.S. Department of Housing and Urban Development (HUD), settembre 2002.
- European Light Steel Construction Association, *Work Pack Design for Steel House - WISH*, settembre 2008.
- Landolfo R., Russo Ermolli S., *Acciaio e sostenibilità: progetto, ricerca e sperimentazione per l'housing in cold-formed steel*, Alinea, Firenze 2012.
- Lavagna M., *Life cycle assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Hoepli, Milano 2008.

Sitografia

- www.lightweightsteelframe.officina-artec.com
- www.reteitalianalca.it