

# I PRODOTTI: UNA BREVE STORIA

## Elementi strutturali: crescita, evoluzioni, leadership

di Marcello Lavizzari

### **Gli edifici operativi**

Con la fine del secondo conflitto mondiale l'impegno primario di molti è sintetizzabile in un solo termine: ricostruire.

Anche i produttori dei primi elementi strutturali prefabbricati in calcestruzzo, che sono apparsi sul mercato nel decennio precedente, danno il loro contributo riprendendo l'attività nei loro "cantieri" come all'epoca vengono chiamati i primi centri produttivi. Per tutta la seconda parte degli anni '40 non si segnalano, in questo settore, significative novità. Questo per contingenti motivi. Non c'è tempo né risorse per sperimentare nuove idee e chi già opera in questo campo ha subito i grandi traumi conseguenti all'immane tragedia della guerra, qualcuno poi non ha fatto più ritorno. Bisogna aspettare la discesa in campo dei primi laureati dei corsi universitari ripresi nel dopoguerra per registrare le prime innovazioni che danno inizio alla crescita inarrestabile del settore delle strutture prefabbricate in c.a. Agli inizi degli anni '50 la ricostruzione nazionale ha completato la sua fase più significativa, inizia quella dello sviluppo. L'esigenza di

nuovi edifici industriali diviene via via sempre più impellente. All'epoca questo tipo di fabbricato viene tradizionalmente realizzato con coperture perlopiù riconducibili alle seguenti tipologie: le volte, le capriate reticolari e gli shed.

Le prime sono costituite da elementi in latero-cemento, anche a conci, assemblate in opera su impalcature a centina e completate da getti integrativi eseguiti a posa ultimata. Il complesso strutturale di queste coperture è completato da barre metalliche a vista, le "catene", che ne assorbono le spinte orizzontali. Il tutto è sostenuto da un sistema di travi e pilastri in c.a. realizzato in opera.

Le capriate reticolari e gli shed, di antica tradizione nell'architettura industriale, sono di fattura molto più costosa poiché i loro elementi, un tempo lignei, vengono costruiti o in carpenteria metallica o, in particolare per gli shed, con strutture in c.a. realizzate in opera con una fortissima incidenza di costo delle relative casseforme.

### **Le coperture a volta**

In questo ambito la prefabbricazione strutturale trova un fertile campo di crescita. Si inizia con la semplice idea di dare un andamento curvilineo all'asse longitudinale delle travi tipo Varese, ormai molto diffuse sul mercato. Nascono così le prime coperture a

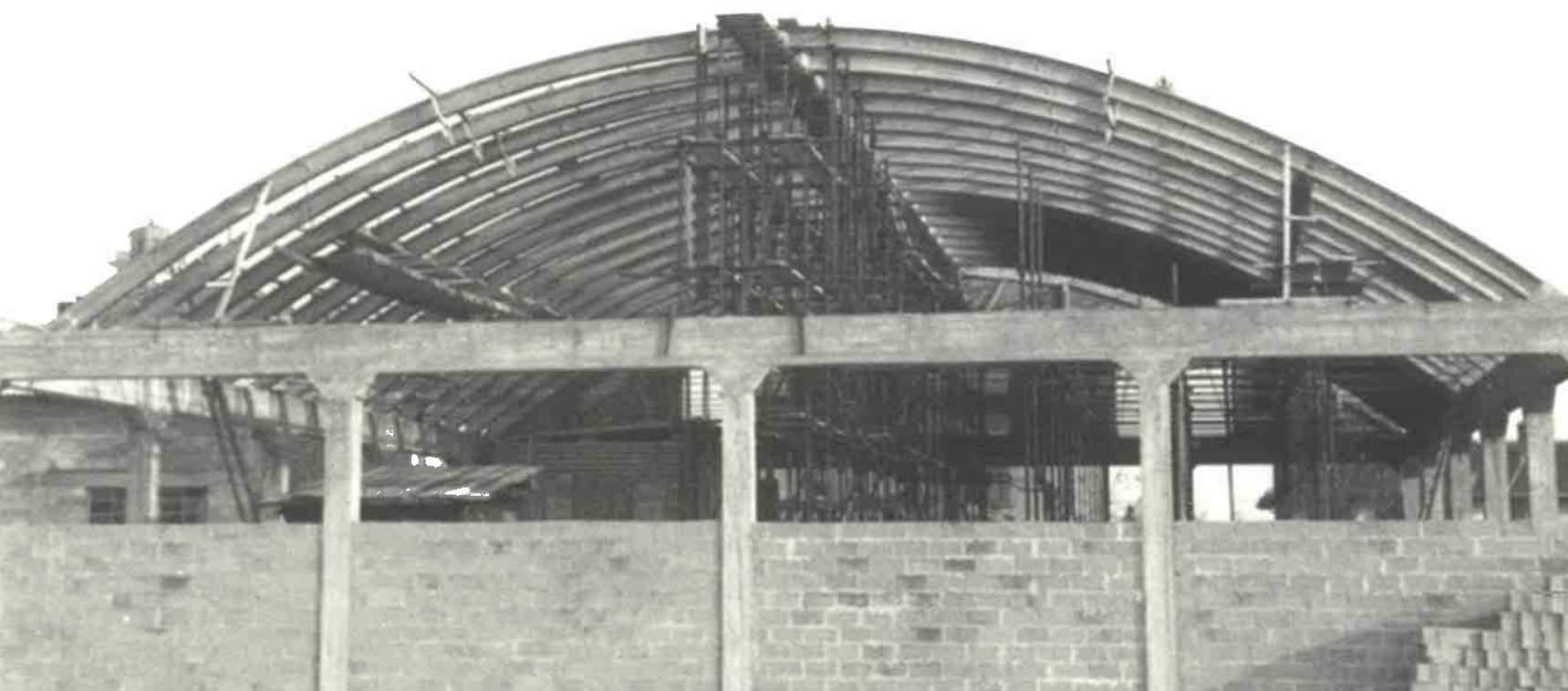


volta in elementi prefabbricati in c.a. costituenti il classico arco a tre cerniere con spinta orizzontale assorbita dalle catene. Tra arco e arco è previsto il solito manto di tavelloni in laterizio, sigillando il tutto con un getto all'estradosso, di bassissimo spessore, realizzato in opera.

Questa prima idea viene di lì a poco migliorata con l'invenzione degli archi reticolari in c.a., caratterizzati dai vuoti a forma triangolare presenti lungo tutto il loro sviluppo il cui andamento, variabile da produttore a produttore, è molto prossimo ad un segmento di parabola. Pur mantenendo lo stesso schema statico dell'arco a tre cerniere con spinta eliminata, questo nuovo tipo di copertura si distingue dal progenitore per due importanti fattori: gli archi non sono più collegati da elementi in laterizio ma da appositi manufatti in c.a con sezione a U rovescio, anch'essi chiamati "tavelloni" che rendono il sistema totalmente prefabbricabile in calcestruzzo; in secondo luogo la lunghezza dei nuovi tavelloni cementizi permette di dilatare gli interassi tra gli archi dai precedenti m. 1,2 a m. 2 - 2,5 con conse-

guente minor infittimento della presenza delle catene ma soprattutto con un forte abbattimento degli oneri di posa in opera.

Questa componente di costo è stata la primaria caratteristica del successo delle coperture ad archi prefabbricati in c.a., sin dal loro primo apparire sul mercato, rispetto alle tradizionali volte in latero-cemento. Il montaggio dei due semiarchi prefabbricati viene infatti eseguito appoggiando gli stessi sulle travi portanti la copertura ad un'estremità e ad un ponteggio mobile posto in mezzaria della navata da coprirsi, in corrispondenza del punto di giunzione dei due elementi (la cerniera di chiave). Dopo aver montato un complesso di 3-4 archi successivi, completi dei relativi tavelloni di collegamento, vengono messe in tensione le catene. In tal modo la copertura si solleva spontaneamente dall'appoggio provvisorio centrale e assume da subito la sua configurazione statica di esercizio, senza dover ulteriormente mantenere alcun sostegno provvisorio come è invece necessario per le volte in laterizio per le quali le puntellazioni, già



di per sé molto più impegnative, devono rimanere in essere fino a maturazione regolamentare dei getti di completamento.

Poiché il ciclo di montaggio è calibrato sull'orario lavorativo giornaliero, l'attrezzatura richiesta è ridotta ad una gru mobile da cantiere di limitata portata e ad un ponteggio di modeste dimensioni. In tal modo vengono quotidianamente realizzati, con archi ad esempio di luce 20 m, anche 300 mq di copertura, completi di getti integrativi all'estradosso, con la presenza di soli quattro operai.

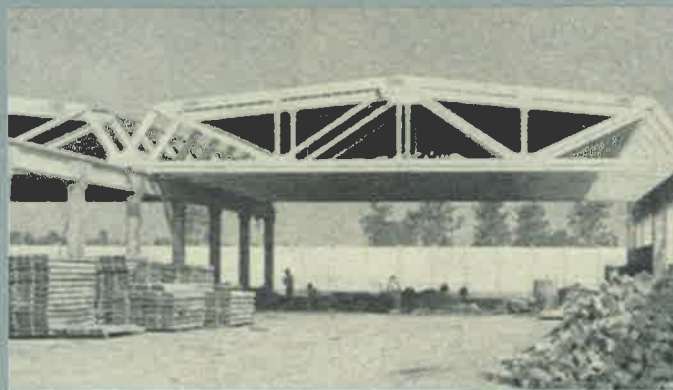
Questa tipologia caratterizza gli edifici industriali degli anni '50 spaziando, da luci variabili, a scelta, dai 10 ai 30 metri e oltre. La coibenza è ottenuta con materassini di lana minerale posti all'estradosso fra i listoni di legno 4 x 4 cm posti a sostegno del sovrastante manto di impermeabilizzazione, generalmente costituito da lastre ondulate in fibrocemento.

È questo il primo vero successo che distingue la crescita dell'industria degli elementi strutturali prefabbricati in c.a. perché questa tipologia viene prodotta da numerose aziende in molte parti d'Italia, con lievi differenziazioni tra loro, più di carattere d'immagine che sostanziale. Tra le aziende più attive in questo settore si possono ricordare la SCAV di Pavia (poi Prescav), la VARARC di Cremona e le varie società aderenti al consorzio Vibrocemento.

### **Altri elementi di copertura**

Nel fervore creativo che coinvolge in quegli anni la nascente industria strutturale italiana vi è chi adotta con eguale successo scelte tipologiche differenti.

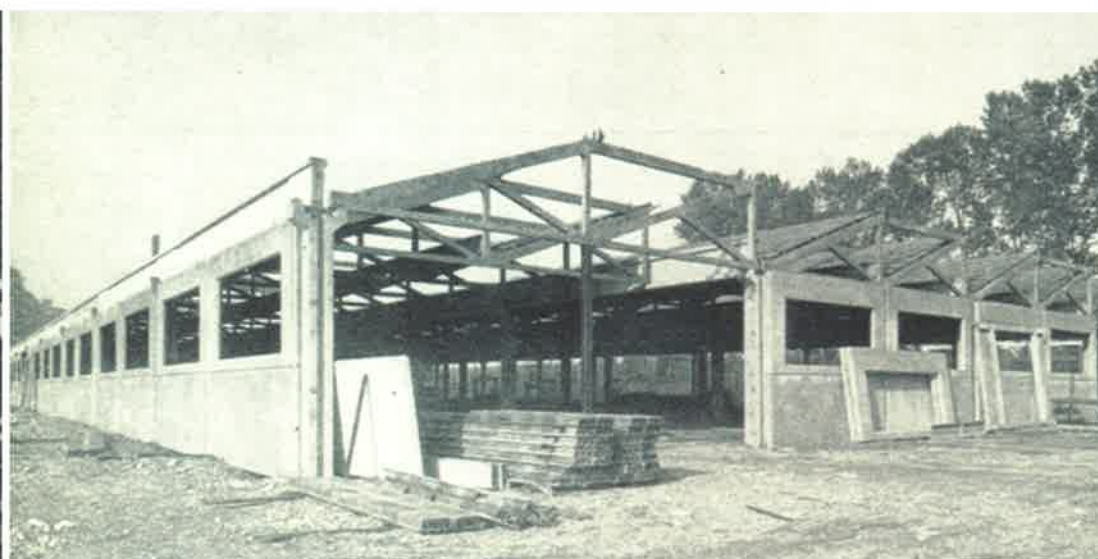
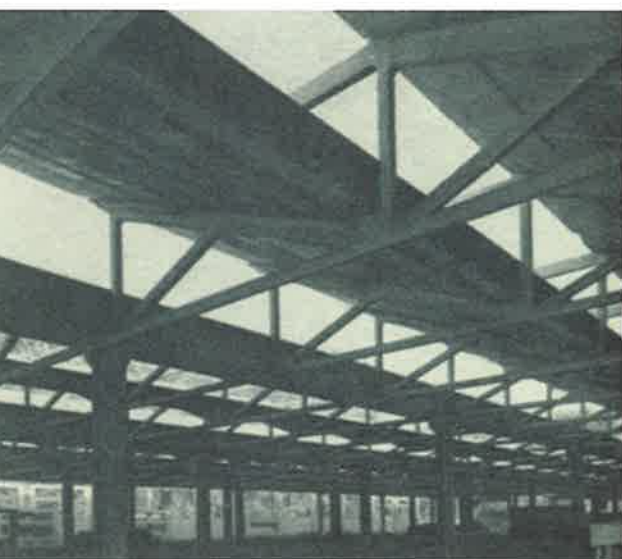
In questo ambito si deve ricordare la società Gianese che nello stabilimento di Agrate Brianza (MI) si specializza nella produzione di capriate reticolari in c.a.



con profilo trapezio, anch'esse collegate tra loro da elementi a lastre prefabbricate in calcestruzzo, che offrono, sia pur a prezzi più elevati rispetto alle coperture ad arco, minori volumi d'ingombro in confronto a quest'ultime.

Nel campo delle capriate reticolari in c.a. questo non è un caso isolato e anche questa azienda antesignana ha ben presto parecchi imitatori. Un altro produttore nato negli anni '50 che si distingue per le caratteristiche tipologiche delle sue strutture prefabbricate in c.a. è Carlo Astori, fondatore dell'omonima Impresa. Forte della sua laurea in ingegneria, questo imprenditore antepone sempre la ricerca progettuale ad ogni altro aspetto della sua attività. Si può certamente attribuire a questa sua dote di progettista l'idea di portare a terra le due estremità dell'arco a tre cerniere, creando un telaio costituito da due elementi con sviluppo a L aperto (con angolo maggiore di 90°) congiungentesi in sommità nella cerniera di chiave. Questi elementi fungono quindi contemporaneamente da pilastro e da trave a falda di copertura, al cui estradosso vengono posate apposite lastre di collegamento in c.a. Date le fisiologiche dimensioni dei telai così realizzati, il loro interesse raggiunge di norma i 5-6 metri. Le spinte orizzontali sono assorbite dalle





fondazioni realizzate in opera in cui le estremità inferiori dei telai stessi vengono infisse. Nasce così il primo sistema strutturale per edifici industriali o agricoli, anch'esso ben presto imitato da numerosi altri produttori.

Per quanto meno richieste, a causa dei maggiori costi globali di realizzazione, anche le coperture a shed sono in quegli anni uno dei settori ove la prefabbricazione cementizia ha modo di esprimere le proprie nascenti potenzialità. La forma geometrica degli elementi ben si presta infatti per una agevole produzione industrializzata con conseguente contenimento dei costi di produzione. Questi fattori in breve tempo permettono la loro generalizzata adozione in sostituzione delle precedenti strutture similari realizzate tradizionalmente in opera.



Nel segmento shed va inoltre ricordato il fondamentale contributo che la prefabbricazione cementizia offre, in quell'epoca, alla realizzazione delle strutture a shed multiplo. Per quanto non richiestissimi e generalmente costruiti in acciaio per determinate attività industriali, questi elementi strutturali sono prodotti con successo anche in c.a. da numerosi prefabbricatori a costi estremamente competitivi grazie a metodi di confezionamento industrializzati. Trattandosi infatti di manufatti assimilabili a capriate reticolari ove l'andamento dei reticoli richiede un notevole sviluppo di casseforme di contenimento tra i vuoti e i pieni, è sovente adottata la produzione cosiddetta "a pacchetto" effettuata come segue. Eseguito il tracciamento su una superficie piana, vengono realizzate le casseforme in legno di perimetrazione dei vuoti, sviluppandole in altezza per almeno un metro, ottenendo i cosiddetti "tamburi". Dopo aver posizionato le armature metalliche dei vari puntoni e tiranti del manufatto, viene eseguito il getto della prima capriata dello spessore di 10-15 cm. L'indomani sulla superficie ormai solidificata, previa stesura di uno strato di gesso liquido necessario per staccare un elemento dal sovrastante, viene effettuato allo stesso modo il getto della seconda capriata e così via nei giorni successivi, per sei/sette volte. Con questo sistema ingegnoso si ottimizzano l'occupazione degli spazi di confezionamento, i luoghi di armatura e di getto, l'approntamento delle cassefor-

me, in sintesi tutto il ciclo del processo produttivo. Molti di questi manufatti svolgono ancora oggi la loro funzione in numerosi edifici industriali, soprattutto in Piemonte ove questa tipologia ebbe sino agli anni '70 la maggiore richiesta.

Tutte queste produzioni, grazie al progressivo sviluppo delle attività industriali del Paese, caratterizzano la crescita della prefabbricazione strutturale italiana, diffondendo sempre più il suo ruolo nel panorama edilizio nazionale.

### ***L'avvento del precompresso***

Un evento epocale in quegli anni contribuisce a consolidare ulteriormente il suo sviluppo rispetto a qualsiasi altra tecnologia costruttiva: nella seconda metà degli anni '50 inizia infatti l'impiego in Italia della precompressione tramite pretensione. Inizialmente impiegato nell'edilizia tradizionale nella versione post tesa, soprattutto per la grande viabilità, il precompresso trova negli impianti fissi delle industrie della prefabbricazione strutturale il luogo ideale per la sua applicazione nella versione di pretensione degli acciai armonici. A differenza della soluzione post tesa, la precompressione per pretensione richiedeva infatti la realizzazione di impianti fissi. È indubbio merito di alcuni operatori del settore l'aver saputo cogliere que-

sto determinante aspetto della nuova tecnologia ed innestarlo nei loro contesti produttivi già operanti.

L'avvento della precompressione nella prefabbricazione italiana avviene per gradi e inizialmente grazie a influssi esterni. Nei primi anni '50 l'ing. Wilhelm Johannes Silberkuhl realizza in Germania una copertura a grande luce (36 m) per un edificio della casa automobilistica Porche, impiegando dei tegoli precompressi a fili aderenti di sua invenzione aventi una particolare forma, derivata da un tronco di iperboloidi di rotazione. L'abbinamento tra la precompressione e la conformazione geometrica della struttura consente il contenimento dello spessore di questi tegoli a valori incredibilmente limitati. Il successo di questo elemento strutturale è clamoroso sia in campo ingegneristico che in campo commerciale.

La cessione dell'utilizzo del brevetto del tegolo Silberkuhl è commercializzata in Italia a partire dal 1956 e alcune aziende del settore se ne aggiudicano l'esclusiva di produzione per determinate zone. Tra queste ricordiamo la Precompressi di Cerro Maggiore (MI), la Sandoni di Bologna, la Prefabbricati Meridionali di Bari.

Sul finire degli anni '50 appare sul mercato nazionale anche un altro elemento precompresso di copertura: la trave a Y. Il suo nome deriva dalla forma della sua sezione, molto simile alla lettera alfabetica.





L'inclinazione verso l'alto delle due ali superiori forma un canale longitudinale continuo particolarmente adatto per la raccolta delle acque piovane. La curvatura della trave, dovuta all'effetto della precompressione, garantisce il naturale smaltimento delle stesse verso l'estremità. Essendo la larghezza superiore della trave pari a 1,25 m e l'interasse di esercizio di 2,50 m, la chiusura dell'interspazio tra ala e ala è

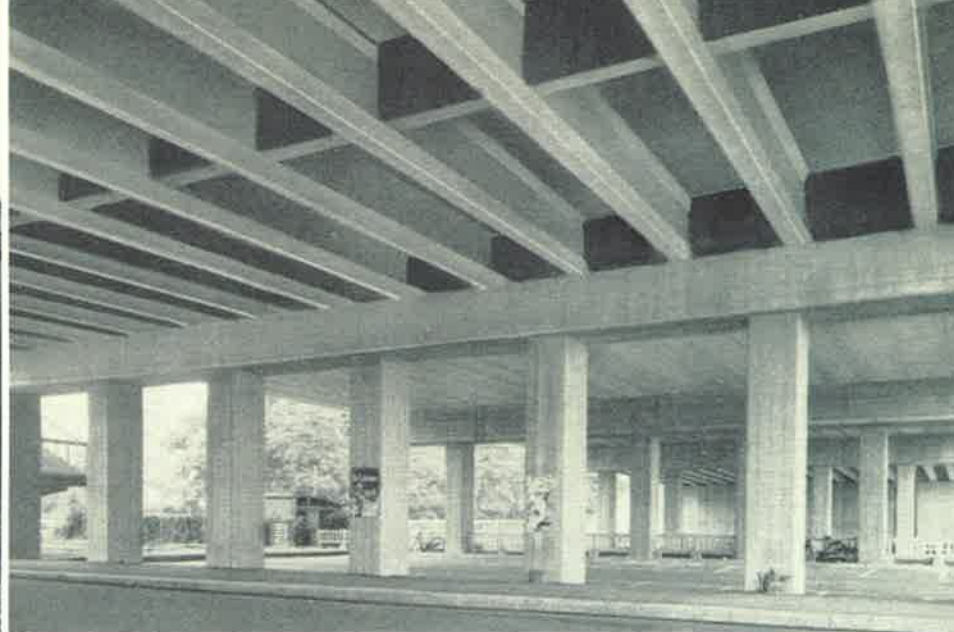


ottenuta con semplici lastre curve in fibrocemento. Pur nella sua estrema semplicità, questo elemento strutturale ha all'epoca un grande successo che si protrae per oltre 20 anni, in particolare in Veneto, Emilia e Toscana ove si ubicano i maggiori centri di produzione, tra i quali va ricordata la Soc. Com. Angelo Velo di Fontaniva (PD) che opera con il marchio Vecoper. Le altezze dell'elemento variano da 70 cm a oltre 1 m a seconda delle luci che si devono coprire e in funzione dei diversi modelli delle case produttrici. La coibenza della copertura può essere in qualche modo ottenuta inserendo delle lastre piane in fibrocemento, con sovrastante materassino in lana minerale, tra trave e trave, usufruendo, come appoggio, dell'allargamento del suo bulbo inferiore.

L'estrema economicità del sistema è una delle primarie cause della sua grande diffusione.

Tutti gli elementi strutturali prefabbricati di copertura fin qui descritti vengono inizialmente sostenuti da travature realizzate in opera. Con l'introduzione del precompresso negli impianti di prefabbricazione iniziano quasi subito le produzioni di travi piane, con sezioni a I, di varia altezza, il cui utilizzo si rivelò estremamente vario, spaziando dal sostegno degli elementi di copertura, alla realizzazione di





chiesti (militari o civili) è uno strumento utilizzato per lungo tempo da tutte le Pubbliche Amministrazioni e garantisce la leadership dell'azienda produttrice per alcuni decenni.

### ***La trave a doppia pendenza***

Agli inizi degli anni '60 si presenta sul mercato italiano della prefabbricazione cementizia un nuovo elemento strutturale che contribuisce in modo determinante a un'ulteriore crescita di tutto il settore. Dalla Germania viene infatti importata la cosiddetta trave a doppia pendenza o a doppia falda. Le cronache del tempo attribuiscono l'arrivo di questa idea estremamente innovativa a Francesco Breviglieri, uno dei soci accomandatari della RDB di Piacenza che, durante un suo viaggio in Germania, ove si era recato per l'acquisto di nuovi macchinari per le sue fornaci di laterizi, vede per caso questa nuova trave di copertura e subito ne coglie l'estrema importanza commerciale. Al di là dell'episodio fortuito, forse leggenda, resta il fatto che RDB inizia per prima la produzione di questo nuovo elemento, presentandolo sul mercato italiano con immediato successo. In effetti l'andamento del suo profilo che incrementa progressivamente le altezze verso la mezzaria, ove massimi sono i momenti flettenti, riducendole al minimo necessario in corrispondenza degli appoggi, è la quintessenza della razionalità sia sotto l'aspetto del dimensionamento statico, che per la calibrata riduzione del calcestruzzo impiegato e, di conseguenza, per tutti i costi di movimentazione.

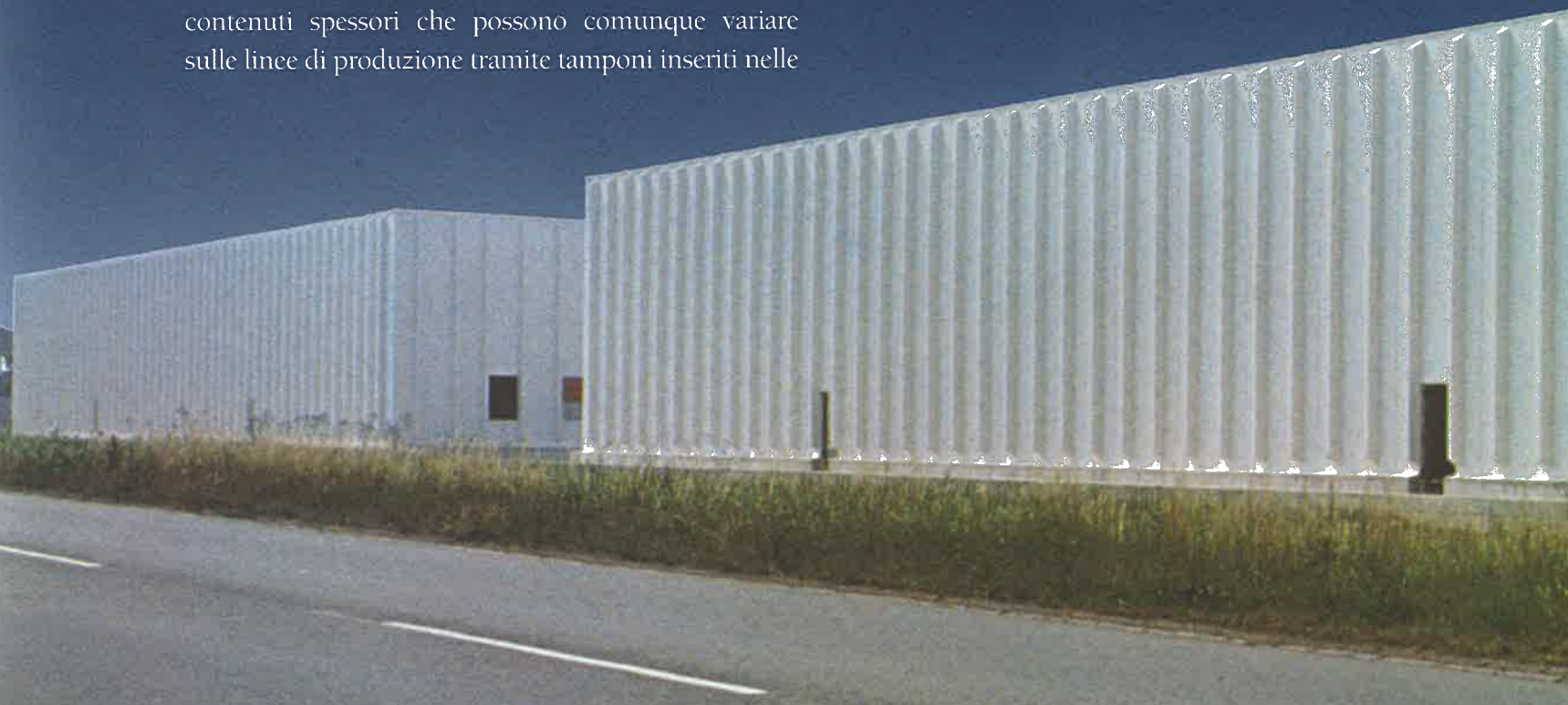
solai a grande portata o per impalcati per la viabilità. In questo ultimo settore va ricordata la società SCAC che con una serie di profili, denominati travi TAS e una capillare azione di marketing, diviene in breve tempo il produttore leader per travi da ponte che già allora potevano raggiungere luci fino a 25 m. Il manuale tecnico delle travi TAS, corredato con le linee guida per il dimensionamento degli impalcati, in funzione delle loro dimensioni e dei carichi ri-

Questi fattori nel loro insieme rappresentano l'optimum per una produzione industrializzata. Agli inizi vengono prodotte travi con lunghezze standard, di m. 12,40 – 14,40 – 16,40 – 18,40 – 20,40 che corrispondono alle luci nette ottenibili, incrementate dalla profondità dei due appoggi pari a 20 cm/cad. L'interasse delle travi è fissato in m. 6 poiché per la copertura vengono impiegati elementi di solaio in laterocemento particolarmente adatti su tale lunghezza. La serialità delle misure è dovuta non solo all'obiettivo di estremizzare al massimo il processo produttivo ma anche al fatto che, agli inizi, le casseforme sono in legno e di misura fissa, rivestite internamente da materiale liscio. La domanda del mercato, condizionata dall'estrema variabilità delle dimensioni delle aree disponibili, fa però rapidamente decadere il vincolo di modularità della trave a doppia pendenza e in breve tempo essa viene prodotta con una gamma di variabili estremamente articolata per lunghezze, interassi e possibili sbalzi alle estremità.

Il forte incremento degli interassi di utilizzo della trave a doppia pendenza è possibile grazie alla quasi contemporanea introduzione, nel panorama tipologico della prefabbricazione strutturale, di un altro importante protagonista: il tegolo precompresso con sezione a pi greco. Questo elemento, apparso in quegli anni sul mercato e tuttora molto diffuso, può essere agevolmente impiegato in copertura con luci di m. 10 con contenuti spessori che possono comunque variare sulle linee di produzione tramite tamponi inseriti nelle



casseforme in corrispondenza delle due nervature. L'estrema variabilità dimensionale di questo manufatto, sia in altezza che in lunghezza, consente il suo impiego, nel corso di oltre un quarantennio, in moltissime soluzioni strutturali non solo come elemento complementare di copertura ma anche come componente primario per la realizzazione di solai a grande luce in svariati campi di utilizzo. La sua larghezza massima di 2,50 m, pari all'ingombro consentito ai mezzi di trasporto, riduce al minimo i pezzi utilizzati con conseguente abbassamento dei costi di montaggio.







La trave a doppia pendenza si diffonde rapidamente in tutta Italia e pochi sono i produttori che non la adottano come punto di forza del loro catalogo. Storicamente rimane inspiegabile la mancata tutela brevettuale dell'idea primigenia di questo elemento. Le varie aziende produttrici infatti, pur sviluppando per esso distinti temi progettuali che ne caratterizzavano i dati geometrici, si appropriano dell'idea senza alcun onere di paternità. Inizialmente si manifestano due distinti indirizzi di progetto che rispettivamente prevedono le pendenze delle falde pari al 10% e al 12%. Questo ultimo valore è giustificato da un concetto più prudente relativo alla migliore tenuta alle acque piovane di stravento in corrispondenza delle linee di sormonto delle lastre di fibrocemento di copertura. La maggior pendenza però incrementa l'altezza delle travi e quindi i loro volumi e i loro pesi. Col tempo, una più accurata progettazione dei sormonti delle lastre, gioca a favore della più economica soluzione delle pendenze di falda del 10% oggi generalmente adottate, salvo rare eccezioni.

### ***I primi sistemi strutturali***

L'avvento della trave di copertura a doppia pendenza, non è solo un'evoluzione tipologica rivoluzionaria in sé e per sé ma determina in brevissimo tempo un cambiamento ancor più determinante. Essa viene infatti sostenuta direttamente dai pilastri posti al suo stesso interasse, determinandosi così un telaio costituito da due ritzi e da un sovrastante traverso. Viene quindi spontaneo passare anche alla prefabbricazione dei pilastri, completando altresì la copertura con un elemento laterale di gronda, anch'esso prefabbricato in c.a. Nasce così un sistema costruttivo completo,

costituito semplicemente da quattro componenti: il pilastro, la trave di copertura, il tegolo di solaio e la gronda che nel loro insieme danno al mercato l'opportunità di acquistare da un solo fornitore tutta la struttura portante dell'edificio, resa in opera. Da quel momento il prefabbricatore italiano da produttore di componenti si trasforma in fornitore di "sistemi" strutturali. Il concetto di "sistema" integrato non rimane una prerogativa della trave a doppia pendenza ma viene ben presto adottato anche per altre tipologie usando travi ad ali parallele per le coperture piane o a shed ed anche, per i primi anni, a corredo delle ultime coperture ad arco che si estinguono nel giro di un decennio. I volumi inutilizzabili, la presenza delle catene, il più elevato costo di posa in opera a causa del maggior numero di componenti necessari, a parità di superficie coperta e non da ultimo l'aspetto estetico, decretano la fine delle volte non più competitive rispetto ai nuovi profili apparsi in quegli anni. Nello stesso decennio viene importato in Italia dagli USA un altro elemento precompresso di copertura a grande luce: il tegolo Dynacor. La sua sezione rettangolare è caratterizzata da cavità interne presenti per tutta la sua lunghezza, intervallate da setti verticali di irrigidimento. Specificatamente creato per la realizzazione di coperture piane, questo elemento si basava su due primari punti di forza: l'intradosso piano e la possibilità di utilizzare le grandi cavità interne per l'alloggiamento di qualsiasi impiantistica, compresa l'areazione degli ambienti. Per contro la complessità delle attrezzature di produzione e il notevole peso proprio incidono negativamente sul suo costo. Prodotto per alcuni anni in Lombardia per la realizzazione di grandi insediamenti industriali non si rivela nel tempo all'altezza delle aspettative e scompare di lì a poco dal mercato.

## ***I pannelli di tamponamento***

I sistemi costruttivi integrati hanno alla fine degli anni '60 un ulteriore sviluppo grazie all'impiego delle pannellature di tamponamento anch'esse prefabbricate in c.a. Le prime applicazioni di questo nuovo componente derivano dall'idea di porre verticalmente, lungo il perimetro esterno dell'edificio, degli elementi simili ai tegoli a pi greco, prodotti quindi con processi similari. I primi esempi di pannelli di tamponamento verticali ne ricalcano infatti la sagomatura, con le nervature poste all'esterno, in vista. In questa fase la coibenza non costituisce un tema prioritario.

Non molto tempo dopo, sul finire degli anni '60, ha inizio anche la produzione dei primi pannelli di tamponamento ad orditura orizzontale. I primi esempi applicativi prevedono l'inserimento di lastre orizzontali tra pilastro e pilastro, tramite l'infilaggio delle stesse in apposite scanalature ricavate sui fianchi dei sostegni verticali della struttura dell'edificio. È il concetto, ampliato, che caratterizza le recinzioni prefabbricate in c.a. sin dal lontano loro apparire sul mercato, per mezzo del quale viene realizzato il

tamponamento esterno senza vincoli aggiuntivi. I vani finestra sono ottenuti "chiudendo" le porzioni di scanalatura interessate con appositi profilati metallici sagomati, dopo la posa del sottostante corso dei pannelli.

Agli inizi degli anni '70 l'arrivo sul mercato dei primi profilati metallici con sezione omega, appositamente studiati come vincolo meccanico tra due componenti in calcestruzzo, favorisce l'adozione dei tamponamenti a pannelli orizzontali collocati sul filo esterno dei pilastri creando così quella innumerevole casistica di edifici industriali "a scatola" che tuttora caratterizza il panorama italiano di moltissimi insediamenti produttivi. In merito ai tamponamenti esterni prefabbricati in c.a., sia verticali che orizzontali, è importante ricordare due distinti aspetti che ne hanno caratterizzato nel tempo il loro percorso evolutivo. Il primo di questi attiene all'isolamento termico, caratteristica divenuta sempre più richiesta, soprattutto dopo la prima grande crisi petrolifera a metà degli anni '70. Vengono percorsi allo scopo due differenti indirizzi applicativi: agendo sul tipo di conglomerato o inserendo in esso strati di materiale coibente come il polistirolo. I conglomerati realizzati in argilla espansa che tante attese avevano suscitato ai loro esordi non danno nel tempo i risultati sperati,



particolarmente nella valutazione del rapporto costi – benefici. Più efficaci allo scopo furono le soluzioni in cui la coibentazione è ottenuta tramite strati interni di polistirolo. In questo ambito molte sono le sperimentazioni effettuate, sia per l'individuazione di valori di trasmittanza termica accettabile che per contenere la fisiologica maggior deformabilità dei manufatti così realizzati. Ovviamente il maggior isolamento termico è ottenibile rendendo totalmente presente, per tutta la superficie del pannello, lo strato interno coibente come accadeva nei cosiddetti pannelli sandwich. Il problema del collegamento dei due strati esterni di calcestruzzo, attraverso lo strato intermedio di polistirolo, per quanto in vari modi tecnicamente risolto, incide però in modo determinante sui costi di produzione e quindi di vendita. Ha perciò il sopravvento la soluzione “mista” ove gli strati interni di polistirolo vengono interrotti a 20-25 cm dai bordi perimetrali del pannello di tampona-



mento, garantendo così allo stesso una maggior congruenza statica. La maggior trasmittanza termica, nel suo complesso, del tamponamento così realizzato, viene generalmente superata con un tacito compromesso tra produzione e committenza in forza di un minor prezzo e di dimostrazioni teorico sperimentali ampiamente accettate.

Il secondo aspetto caratterizzante le tamponature prefabbricate in c.a. riguarda il fattore estetico. In questo campo, superati in breve tempo i primi semplici modelli con superfici in calcestruzzo a vista, talvolta esternamente verniciati a posa avvenuta, la creatività dei vari produttori sa rapidamente proporre svariate soluzioni. In pratica anche in questo campo si distinguono due differenti proposte.

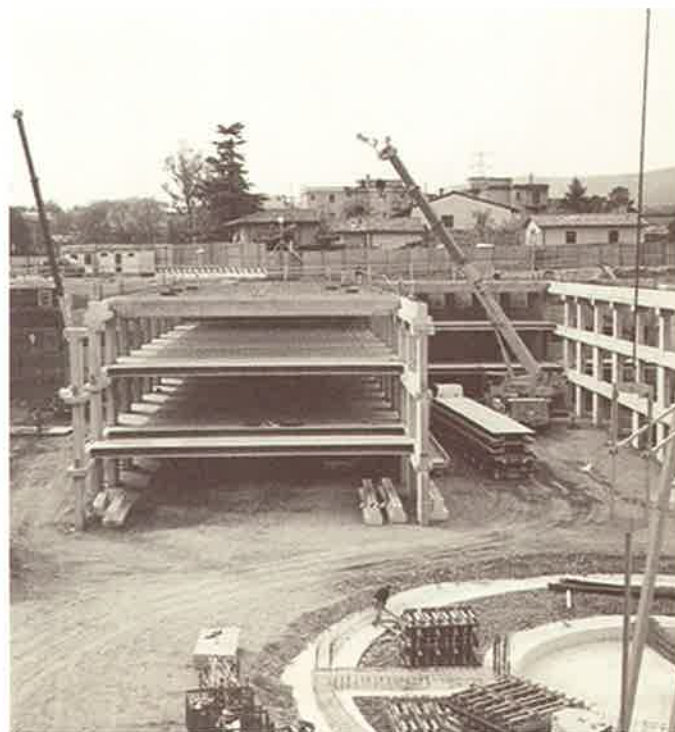
La prima derivante da matrici in lattice di gomma da porsi sul fondo dei banchi di produzione che danno la possibilità di rese estetiche di vario aspetto, tramite impronta. L'alto costo delle matrici in relazione ai loro limitati reimpieghi frenano però la diffusione di questa tecnologia. La seconda proposta prevede invece un rivestimento lapideo tramite un primo strato di speciale conglomerato in graniglia di marmo o in ghiaietto di fiume che viene messo in risalto dopo un'apposita lavatura delle superfici esterne così ottenute e ancora fresche. Sono questi i cosiddetti rivestimenti in ghiaietto lavato di vario aspetto cromatico, in funzione dell'aggregato impiegato, ancora estremamente diffusi sul mercato. Il successo predominante di questa seconda soluzione si deve alla chimica che, tramite appositi ritardanti da porsi fluidi o su supporti cartacei, al fondo dei banchi di produzione, agevolano enormemente le successive fasi di lavaggio, oggi generalmente ottenute per via meccanica. Per comprendere l'importanza di questa innovazione di processo basti pensare che i primi rivestimenti lapidei, già di vario colore, venivano realizzati cospargendo di graniglia la superficie esterna del getto del pannello, ancora fresco, rullando il tutto per favorirne l'inserimento nella sottostante matrice cementizia. A presa avvenuta e una volta posto in verticale il manufatto, la superficie così rivestita veniva ripulita, tramite scopatura manuale, dalla graniglia eccedente che non si

era inserita. Il metodo, per quanto ingegnoso, era penalizzato da alte incidenze di manodopera e da eccessivi consumi di graniglia, non potendosi inoltre evitare il rischio di alonature, a produzione ultimata, dovute alla non uniforme presenza della graniglia colorata su tutto il pannello e soprattutto su tutti i pannelli della stessa fornitura. Per attenuare questi inconvenienti venivano applicate verniciature di appositi fissatori chimici, di colore congruente con quello del pietrisco impiegato, che avevano la duplice funzione di uniformare il più possibile la tonalità cromatica e di ulteriormente collegare le parti più esterne della graniglia al supporto, per una maggiore tenuta nel tempo.

### ***Gli edifici pluripiano***

Un ulteriore significativo passo nell'evoluzione dei vari sistemi costruttivi si verifica alla fine degli anni '70 con la diffusa produzione di edifici pluripiani interamente prefabbricati. Già negli anni precedenti alcuni produttori hanno affrontato con successo questa tematica strutturale perlopiù in casi di precise richieste del cliente. Questi primi esempi sono estremamente propedeutici alla successiva evoluzione dei sistemi strutturali pluripiano in seguito adottati da tutti i produttori. Per questo nuovo campo applicativo il settore crea nuovi profili, studia nuovi collegamenti, mette in atto soluzioni innovative nei processi produttivi. Nella gamma dei profili vengono alla luce le travi da solaio con sezione a T rovescio e a L, per i collegamenti d'interpiano vengono progettate specifiche mensole di dimensioni le più limitate possibili per renderne meno visibili i relativi ingombri. Per la produzione di pilastri, la cui lunghezza assume valori sempre più rilevanti, nasce tutta una nuova tecnologia di casseforme atte alla produzione di sezioni variabili e per la localizzazione delle mensole di interpiano.

La prefabbricazione degli elementi strutturali per gli edifici pluripiano è anche l'occasione per potenziare la diffusione in Italia degli elementi di solaio alveolari in c.a.p. Già presenti sul mercato da un decennio questi manufatti, prodotti con un proces-



so altamente meccanizzato e con altezze variabili da 16 a 40 cm, hanno fino ad allora occupato un segmento di nicchia a causa delle loro primarie caratteristiche che contrastano con la corrente cultura "solaistica" nazionale di quei tempi. Negli edifici pluripiani prefabbricati essi trovano invece uno dei più naturali campi di utilizzo sia per i loro limitati ingombri in altezza, a parità di portata, che per la loro maggior resistenza al fuoco, caratteristica sempre più richiesta in tutto il vasto settore delle costruzioni. Anche in questo specifico comparto produttivo i prefabbricatori italiani hanno modo di esprimere le loro capacità di innovazione creando, negli anni successivi, nuovi modelli di solaio alveolare con altezze e quindi con prestazioni più elevate rispetto ai profili originari importati dalla Germania. Alcuni specializzarono su questo prodotto la loro principale attività come nel caso del Gruppo Centro Nord di Verona.

Con queste numerose innovazioni l'edificio industriale, ormai da tempo interamente realizzato in forza di un ben determinato modello costruttivo, viene integrato con nuovi sistemi strutturali completi anche per la costruzione di quei corpi a più piani generalmente destinati a uffici, sale espositive, magazzini, ecc.



### *L'evoluzione dei sistemi*

A completamento di tutti questi sistemi strutturali mancava ancora un solo componente: il plinto di fondazione che viene generalmente realizzato in opera con forma “ a bicchiere” per l'infissione dei pilastri prefabbricati. Anche questo elemento strutturale inizia ad essere prefabbricato agli inizi degli anni '80, diventando per alcuni produttori, un particolare segmento di specializzazione. Da questo momento i sistemi strutturali prefabbricati in calcestruzzo sono veramente completi. Il successo della prefabbricazione cementizia italiana si è ormai consolidato in quegli anni a tal punto da rendere questo comparto leader nel panorama edilizio nazionale. Qualsiasi richiesta del mercato, per quanto particolare, viene infatti esaudita da qualche produttore sotto la spinta di una continua ricerca evolutiva. È il periodo “del sempre più lungo e

sempre più pesante” con la realizzazione di elementi di copertura a grande luce e quindi di notevole peso proprio. Tra questi vanno ricordate le strutture Titano e Urano progettate dallo Studio DLC di Milano e prodotti da più concessionari, la trave a canale della IMCAP di Parma che poteva raggiungere i 50 m , i vari elementi scatolari per microshed con profilo a Z. In questo periodo di diffuso fervore progettuale si colloca anche il tentativo di realizzare strutture precomprese di grande portata impiegando calcestruzzi con aggregati di argilla espansa. Si persegue in tal modo il duplice obiettivo di ridurre il peso proprio degli elementi elevandone al tempo stesso la loro intrinseca coibenza. Questa tecnologia innovativa richiedeva però sensibili cambiamenti dei processi produttivi. Il confezionamento degli impasti, ad esempio, doveva essere effettuato con un dosaggio degli inerti per volume e non più per peso, condizionando in tal senso





tutta la produzione giornaliera della centrale di betonaggio. Nel giro di pochi anni il bilancio tra costi e benefici consigliò l'abbandono di questa tecnologia di per sé comunque innovativa.

### ***Gli elementi alari di copertura***

Le successive evoluzioni del comparto negli ultimi decenni del XX secolo prendono avvio da un ulteriore affinamento formale delle coperture per edifici industriali. Come la trave a doppia pendenza ha sostituito le coperture a volta grazie anche ad una più moderna valenza estetica del suo profilo, così viene l'idea di creare nuove strutture di copertura con ingombri ancor più ridotti. Nascono i cosiddetti tegoli "alari". Il progenitore di questa fortunata e vasta famiglia, oggi diffusa in tutta Italia, è stato il tegolo Aliant prodotto dalla Baracalit di Bibiena (AR),

cui segue il tegolo ONDAL progettato dallo Studio DLC. La caratteristica fondamentale di questi nuovi elementi strutturali sta nel fatto che, a differenza dei precedenti tegoloni piani di copertura, già da tempo in commercio, posti in opera accostati, questi vengono posati interassati fra loro ad una distanza minima di m 5, pur avendo larghezze proprie di m 2,5 e altezze molto contenute, perlopiù costanti per tutto il loro sviluppo. Gli interspazi tra due elementi vengono chiusi da coppelle, generalmente in calcestruzzo, prodotte in serie. Il primo risultato di queste nuove coperture sta nell'aspetto estetico estremamente accattivante per la sostanziale linearità dei profili, la limitata o parziale presenza di costolature e, in sostanza, per la grande sensazione di leggerezza in relazione alle notevoli dimensioni delle superfici così coperte. A ciò si aggiunge il fatto che molti di questi modelli, già dotati di strati di coibenza, vengono for-



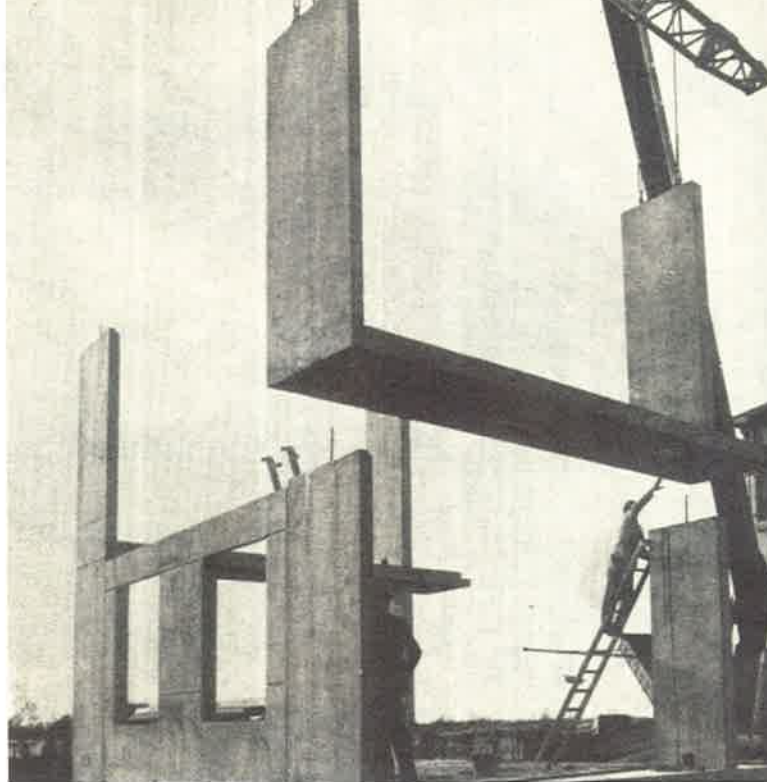


niti anche impermeabilizzati e verniciati all'intradosso con processi eseguiti nello stabilimento di produzione. L'accoglienza del mercato è agli inizi moderata, soprattutto per un fattore economico. Nel corso di un decennio però i volatili, anche così chiamati poiché molti marchi commerciali dei loro profili si sono ispirati alle ali di un uccello, hanno conquistato segmenti di mercato sempre più consistenti grazie alle loro peculiari caratteristiche derivanti dai concetti innovativi che ne hanno ispirato la loro nascita.

A conclusione di questa sintetica panoramica sull'evoluzione degli elementi strutturali prefabbricati in calcestruzzo dell'industria nazionale, è opportuno fare due ulteriori considerazioni. La prima riguarda il processo evolutivo del settore nel suo insieme. Ritrovarne i padri è praticamente impossibile. Ci sono stati nel corso degli anni dei personaggi (produttori, progettisti, tecnici) che hanno avuto idee innovative più feconde di altri ma nel complesso si può serenamente affermare che tutto il progresso verificatosi in questo



ultimo mezzo secolo è frutto di una costante evoluzione di idee e miglioramenti tecnologici cui ha contribuito una schiera di menti per la maggior parte rimaste sconosciute. La felice evoluzione del comparto è paragonabile ad una grande costruzione fatta di piccoli solidi blocchi posti in opera da uno stuolo di operosi muratori. A questo proposito nel comparto è corrente la frase che “tutti hanno copiato da tutto”. Al di là della sua cruda brutalità, il concetto può essere giudicato verosimile se non si ignorano tutti i piccoli passi fatti tramite il costante contributo di tanti operatori del comparto. La seconda importante considerazione generale riguarda il rapporto tra la prefabbricazione cementizia e l'architettura. Storicamente bisogna constatare che simili approcci sono rari e sporadici. Totalmente impegnate nella quotidiana battaglia sui mercati e nel confronto con la perenne agguerrita concorrenza, solo poche aziende sentirono la necessità di qualificare i loro modelli anche sotto un aspetto puramente stilistico, affidando tale incarico ad esponenti di spicco dell'architettura contemporanea. Con l'eccezione di RDB, che peraltro operava con propri tecnici interni per la creazione di particolari soluzioni estetiche delle finiture di pregio dei tamponamenti, a memoria si possono ricordare i casi della Società FACEP che per lungo tempo produce eleganti strutture per edifici industriali su disegno dell'arch. Mangiarotti; la ditta Isocell che produce un sistema integrato su progetto dello stesso autore e qualche altro isolato caso di produzione su commissione come i famosi pannelli di tamponamento per lo stabilimento Barilla di Parma prodotti dall'Impresa Pizzarotti agli inizi degli anni '70 su progetto dello Studio VRC

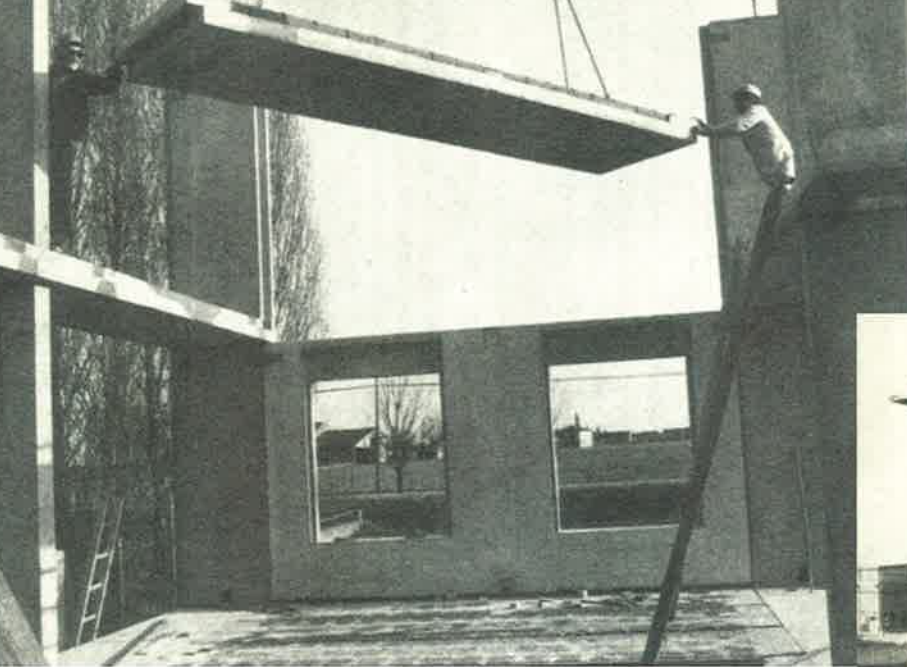


(Valtolina - Rusconi - Clerici). Da qui nasce l'appunto che gli edifici prodotti dal comparto sono generalmente uniformi, di limitato impatto architettonico, con modesti gradi di livello estetico oltre i colori e le fogge dei rivestimenti dei più recenti pannelli di tamponamento. Tutto questo ha una semplice spiegazione. Il comparto, producendo elementi di elevato contenuto tecnico, ha proposto al mercato quanto di meglio la sua costante evoluzione ha creato in questo campo. Il mercato delle costruzioni industriali, salvo rare eccezioni, nulla di più chiedeva essendo considerato l'edificio per l'industria un costo non costantemente produttivo ma solo un necessario immobilizzo. Solo i recenti nuovi campi di impiego delle strutture prefabbricate cementizie, come ad esempio i grandi centri commerciali, hanno richiesto al settore soluzioni molto più impegnative sotto l'aspetto puramente estetico. In questi casi le aziende del comparto hanno risposto con adeguate soluzioni caratterizzando le loro produzioni come la committenza richiedeva.

### ***Gli edifici residenziali***

In questo sintetico excursus storico dell'evoluzione della prefabbricazione cementizia nazionale non si può tralasciare un particolare riferimento a quanto in questo settore è stato fatto nel campo dell'edilizia residenziale. Tutto ha inizio a partire dai primi anni '60





quando, sotto la spinta di imponenti programmi di edilizia pubblica, vengono appaltati in alcune grandi città numerosi lotti di case popolari. I tempi di realizzazione, in relazione alle dimensioni degli interventi e la necessità del contenimento dei relativi costi, spingono verso l'adozione di processi produttivi altamente industrializzati. Vengono quindi importati, in prevalenza dalla Francia, dei sistemi a grandi pannelli che erano già stati da un decennio utilizzati massicciamente in quel Paese. In questo primo periodo i prefabbricatori italiani già in attività non si impegnano in questo settore. Sono grandi imprese di costru-



zioni che si attrezzano in tal modo, creando impianti specifici o organizzando cantieri a piè d'opera. I risultati di questi interventi, aldilà dei rapidi tempi di realizzazione, sono alquanto contrastanti soprattutto per l'intrinseca rigidità dei sistemi adottati che mal si adatta ai sistemi abitativi in uso nel nostro Paese, anche per interventi di edilizia popolare. L'esaurimento dei lotti previsti dal programma interrompe queste produzioni dopo pochi anni. Questa esperienza ha però gettato un seme nella fervida creatività dei prefabbricatori che dall'esterno ne hanno seguito con interesse tutto il suo sviluppo. Nel decennio successivo nuovi programmi di edilizia abitativa, non più così massicci come in precedenza ma molto più distribuiti sul territorio nazionale, spingono gli operatori a misurarsi con nuove idee e nuove attrezzature anche in questo specifico campo applicativo. Si manifestano subito tre diversi approcci che distinguono i vari modelli in differenti classi di appartenenza. I sistemi strutturali progettati si possono classificare come segue:

**Puntiformi.** Ispirandosi alle strutture abitative tradizionalmente realizzate in opera, questa corrente progettuale "traduce" in processi industrializzati in stabilimento la produzione di travi e pilastri da assemblarsi in opera completandoli generalmente con l'utilizzo di tradizionali elementi di solaio in latero cemento. L'aspetto più innovativo di questi sistemi sta nella realizzazione dei nodi di collegamento che distingue i vari modelli dei vari concorrenti. Tra i più noti produttori in questo settore, si ricordano la StructurRapid e l'APE.

**A grandi pannelli.** Direttamente ispirati ai sistemi francesi e a quelli successivamente prodotti nell'Est europeo, questa seconda tipologia viene realizzata da parecchi prefabbricatori con specifiche migliorie che ne riducono i punti critici dei progenitori da cui avevano preso spunto. L'eliminazione di ponti termici, la migliore organizzazione delle linee di giunzione, una più accurata progettazione dell'impiantistica di base inserita negli elementi sono tra i punti di forza che caratterizzano la nuova generazione di questi sistemi costruttivi.

**Tridimensionali.** Questo terzo approccio, decisamente più radicale, è quello in cui la creatività dei

progettisti e dei prefabbricatori nazionali si manifesta con aspetti più decisamente innovativi. I sistemi tridimensionali traggono infatti origine dall'estremizzazione del concetto di rendere il più economica possibile tutta la filiera del processo produttivo della casa. Una economicità che non si limita solamente all'aspetto puramente monetario ma si estende al numero e ai vari tipi dei componenti impiegati, alla componibilità più ampia possibile degli stessi, all'estrema razionalità di tutte le fasi di finitura. Il tridimensionale basato sulla produzione di cellule componibili poteva, a giudizio dei vari ideatori, raggiungere que-



sti obiettivi con maggiore efficacia. Tra i modelli che ebbero maggiore diffusione si possono ricordare il sistema ELLE creato dallo Studio DLC di Milano, il sistema Tredro dell'arch. Colma e il sistema VDDH della società Velo Dal Brenta di Fontaniva (PD).

Tutto questo fervore creativo variamente indirizzato nella realizzazione di modelli appartenenti alle tre categorie fondamentali, non dà però quei risultati di continuità che gli imprenditori del settore si sono prefissi. Le ragioni della mancata diffusione nel mercato edilizio dei sistemi prefabbricati abitativi sono numerose e diverse anche per le varie tipologie proposte. Per i sistemi puntiformi ad esempio, l'economia derivante dai processi industrializzati di produzione delle travi e dei pilastri portanti non è determinante in un momento storico in cui la manodopera di cantiere non risente ancora di sensibili carenze. Inoltre, la componente prefabbricata risulta troppo esigua in relazione a tutte le altre fasi di lavoro che devono comunque essere realizzate in modo tradizionale, come le murature interne ed esterne, le varie finiture, l'impiantistica.

Nei sistemi a grandi pannelli, ove il processo industrializzato è senz'altro più avanzato, i vincoli dimensionali dei vari componenti limita sensibilmente la variabilità compositiva degli spazi interni degli allog-

gi e ne penalizza enormemente ogni possibilità di modifica. Inoltre i costi di trasporto dei manufatti, in relazione al loro peso, non consente di superare determinate distanze tra i cantieri e i centri di produzione ove erano collocate le costose attrezzature.

Questi stessi limiti sono ancor più esaltati nei sistemi tridimensionali per i quali i costi delle casseformi assumono valori che ne impediscono una grande diffusione in numerosi centri produttivi. Inoltre i pesi degli elementi da trasportare sono ancora più elevati. A tutto questo si aggiunge un fattore determinante per la mancata diffusione di questi sistemi costruttivi. Il mercato non richiede più interventi di dimensioni così ampie da giustificare produzioni industrializzate che per le loro stesse intrinseche caratteristiche richiedono una ripetitività dei modelli il più prolungata possibile nel tempo. In breve tutte le linee di produzione create negli anni '70 vengono dimesse; i prefabbricatori con grande realismo abbandonano questo campo di attività manifestatosi antieconomico.

È "la fine di un sogno" come commenta qualcuno riferendosi alla "fabbrica delle case" ma nel suo complesso non è per la prefabbricazione cementizia italiana un'esperienza totalmente negativa. Le ricadute, in termini di risultati, delle ricerche e delle esperienze messe in atto a quell'epoca danno comunque dei





benefici a tutto il settore. Certamente l'idea della "fabbrica delle case" ha affascinato in quegli anni uno stuolo di operatori del settore sia imprenditori che tecnici che progettisti. Per comprendere come fosse esteso l'interesse in questo campo basta ricordare le centinaia di persone che presenziano a Vezzano Ligure nel 1981 alle prove di resistenza antisismica, effettuate sotto la guida del Prof. Sanpaolesi dal laboratorio mobile delle ISMES di Bergamo, su un prototipo di edificio residenziale a grandi pannelli, presso lo stabilimento della Igeco-Pontello, azienda all'epoca leader nel settore. L'esperienza nel segmento abitativo della prefabbricazione cementizia italiana si conclude con le opere di ricostruzione dopo il terremoto in Campania del 1980, dove vengono ancora realizzati numerosi interventi con elementi prefabbricati. È l'ultima occasione in cui le dimensioni delle commesse, la rapidità realizzativa e la serialità dei progetti consentono di mettere in atto grandi produzioni industrializzate protrattesi per un tempo ragionevolmente lungo.

Da allora però la prefabbricazione abitativa non è del tutto scomparsa dal mercato. Ricavandosi uno spazio di nicchia, ancora oggi alcune aziende del settore



operano con successo in varie parti del territorio nazionale, producendo edifici abitativi mono o pluri familiari, generalmente con il sistema a grandi pannelli, cui sono stati via via apportati notevoli miglioramenti. I buoni risultati ottenuti in fase di esercizio, la sempre più vasta richiesta di questo tipo di abitazioni ed in sostanza la positiva accoglienza del mercato hanno favorito lo sviluppo di queste aziende che, al riparo da un'eccessiva concorrenza, hanno potuto consolidare con successo ma in modo discreto, la loro presenza sul mercato.

## I blocchi

di Elena Giannuzzo

Una produzione che si possa definire “industriale” del prodotto blocco risale, in Italia, come si è visto nel Capitolo 2, agli anni '20. Il vero e proprio sviluppo si ha però nell'immediato Dopoguerra quando alcuni produttori importano direttamente dall'estero, prevalentemente Stati Uniti e Germania, la tecnologia per produrre tali manufatti. Nascono infatti in questi paesi le più evolute macchine per la produzio-



ne di blocchi che sfruttano il principio della vibrazione per poter compattare meglio e più in fretta il calcestruzzo e per poter produrre maggiori quantità di blocchi in minor tempo. Inizialmente i blocchi in calcestruzzo vengono utilizzati come elementi per realizzare murature senza nessuna implicazione estetica. Il concetto di blocco “facciavista” comincia ad affacciarsi sul mercato dopo gli anni '60 grazie sia ad un attento lavoro di promozione delle prime aziende produttrici, volto a far conoscere e a nobilitare il prodotto presso gli utilizzatori sia all'evolversi della tecnologia. Si studiano infatti le miscele di calcestruzzo in modo tale da rendere l'aspetto finito più gradevole, per esempio con l'introduzione di inerti leggeri come l'argilla espansa e si implementa l'impermeabilizzazione del blocco, caratteristica fondamentale per un elemento da usare come “facciavista”, senza altri rivestimenti. L'evoluzione tecnica del blocco si è concentrata, negli anni, su due aspetti, quello estetico, e quello statico. Per l'aspetto estetico le ricerche si sono sviluppate sia sulle miscele, ottimizzando l'uso e la combinazione delle materie prime, sia sullo sviluppo di nuovi ed efficaci sistemi di finitura.





Risale per esempio agli anni '80 l'utilizzo di un sistema di anticatura delle superfici a vista dei manufatti, ottenuta con delle particolari macchine, così come l'uso di un sistema colorimetrico degli elementi in calcestruzzo vibrocompreso su impasti particolari di calcestruzzo eseguiti con graniglie lapidee selezionate. Questi trattamenti estetici hanno oggi raggiunto livelli di qualità eccezionali esaltando la matericità dei componenti ed elevando le superfici, con possibilità di ottenere anche finiture "facciavista" lucide. La gamma di blocchi a disposizione dell'architettura è oggi varia e all'avanguardia e risponde alle diverse esigenze del linguaggio architettonico contemporaneo. Le finiture disponibili oggi sono: liscia, sabbata, splittata, levigata, bocciardata, graffiata, cannellata, fresata con

una ampia varietà di colori. Dal punto di vista delle prestazioni statiche invece, la ricerca si è negli anni concentrata sul "sistema muratura". Le sempre maggiori luci permesse dall'uso di elementi strutturali di grande resistenza e prestazioni ha infatti reso necessario lo studio del comportamento statico delle murature in blocchi, che devono garantire la stabilità anche per grandi luci.

Le murature, poi, devono rispondere ad altri importanti requisiti tecnici, tra i quali quello della resistenza al fuoco, dell'isolamento termico e acustico. Le aziende quindi, in questi anni, hanno concentrato le loro ricerche, da un lato, per sviluppare sistemi di posa in opera e vincoli rigidi ed elastici per garantire la sicurezza statica delle murature e dall'altro, per migliorare sempre più le prestazioni fonoassorbenti e fonoisolanti delle stesse. In definitiva, le tipologie di blocchi oggi presenti sul mercato sono molte e rispondono a requisiti costruttivi molteplici. Esse si possono suddividere in due grandi categorie, blocchi portanti e non portanti, all'interno delle quali poi si distinguono in blocchi facciavista o da intonacare, entrambe sia per interni che per esterni.

I blocchi sono presenti sul mercato in forme e dimensioni differenti, a seconda della funzione che devono svolgere e con percentuali di foratura che variano a seconda delle prestazioni richieste.

## I masselli in calcestruzzo

di Massimo Colombo

Fino all'invenzione del calcestruzzo, le pavimentazioni segmentali sono costituite unicamente da conci di pietra oppure di argilla cotta, la cui scelta dipende unicamente dalla disponibilità di materiali in prossimità del luogo di impiego. I primi esperimenti artigianali di realizzazione in fabbrica di piccoli elementi in calcestruzzo gettato in opera e destinati all'uso quali pavimentazioni, sostanzialmente tentativi di riprodurre le dimensioni degli elementi in pietra naturale, sono riconducibili alla fine del XIX secolo. Tra il 1890 e l'inizio del XX secolo è databile la nascita dell'industrializzazione del prodotto con il deposito del brevetto da parte di Fielding & Platt, fabbrica britannica di grandi presse idrauliche, di un dispositivo per la pressatura del calcestruzzo secondo l'innovativo processo che da allora prese il nome di "wet-press".

Questa tecnica consente la produzione ad alta velocità di elementi in calcestruzzo di buona e uniforme qualità, molto più economici rispetto alla pietra naturale. All'inizio del XX secolo la produzione di piastre e cordoli in calcestruzzo per pavimentazioni si consolida in Inghilterra con l'utilizzo estensivo in ambito urbano nelle zone pedonali, e si diffonde anche in Germania, dove risultano depositati, ancora prima della Grande Guerra, numerosi brevetti per diverse forme di elementi. L'utilizzo sempre maggiore di tali elementi in ambito urbano in sostituzione dei masselli in pietra e la crescita del traffico hanno determi-





nato una sempre maggiore attenzione alle dimensioni dei manufatti e alle caratteristiche qualitative del calcestruzzo impiegato. La prima strada urbana in masselli di calcestruzzo viene realizzata a Neuss, in Germania, nel 1936, utilizzando elementi aventi dimensioni 240x120x80 mm, e si è conservata in buone condizioni per oltre trent'anni. Il maggiore sviluppo delle pavimentazioni modulari in calcestruzzo e in particolare dei masselli (caratterizzati da rapporti dimensionali ridotti rispetto alle lastre) è però certamente riconducibile al periodo dal 1950 in poi. In Germania e nei Paesi Bassi la ricostruzione post-bellica si concretizza in una enorme richiesta di materiali per nuove case: la carenza di mattoni in cotto, prioritariamente utilizzati per le murature, favorisce l'impiego di nuovi manufatti in calcestruzzo quali elementi per pavimentazione, prodotti a costi inferiori, allora realizzati unicamente nel formato rettangolare tipico del mattone stesso.

Agli inizi degli anni '60 si registra una nuova attenzione al formato degli elementi, con l'introduzione di forme geometriche diverse dal rettangolare e di profili laterali sagomati, in modo da migliorare la capacità di distribuzione del carico, la cosiddetta autobloccanza.

Non solo per il costo inferiore, ma anche per la grande versatilità degli elementi offerti dall'industria

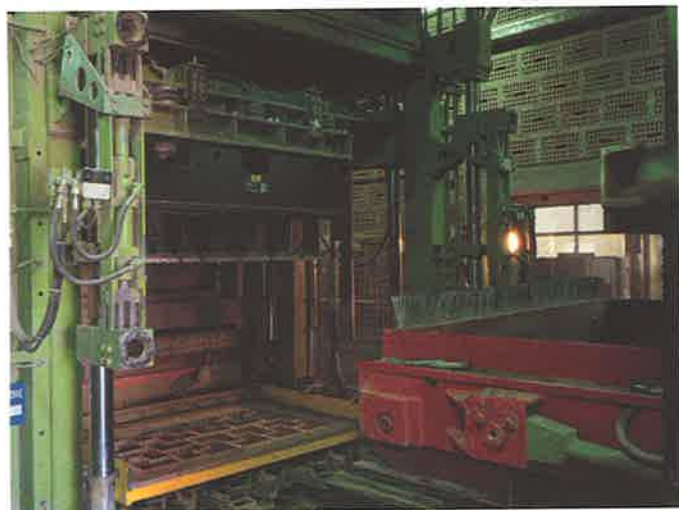


manfatturiera rispetto ad ogni altra soluzione possibile di pavimentazione, i masselli registrano una grande diffusione in tutto il Nord Europa e, da metà degli anni '60, anche in America, Australia, Sudafrica e Giappone. L'incremento nella richiesta di manufatti porta allo sviluppo e al perfezionamento del sistema "wet-press" con la realizzazione di nuovi impianti ad elevata produttività per la formatura mediante vibro-compressione di elementi in calcestruzzo a consistenza terra-umida, contribuendo ad una maggiore efficienza ed economicità nel ciclo produttivo. In alcuni Paesi, e in particolare negli Stati Uniti, lo sviluppo delle pavimentazioni autobloccanti avviene in concomitanza con una diminuzione del mercato dei blocchi vibrocompressi per muratura, che spinge





i produttori a cercare nuovi mercati con prodotti realizzabili con gli stessi impianti allora disponibili. La prima normativa di prodotto per le pavimentazioni in masselli autobloccanti viene pubblicata in Germania nel 1964, seguita nel 1966 dai Paesi Bassi. I masselli autobloccanti in calcestruzzo compaiono sul mercato nazionale solo agli inizi degli anni '70, anche qui conseguenti alla riconversione di vibropresse per blocchi da muratura, ma rapidamente si verifica una specializzazione degli impianti verso la produzione esclusiva di elementi per pavimentazioni. I primi masselli sono realizzati in monostrato di



calcestruzzo, grigio o colorato: le forme sono limitate, ad imitazione di quelle utilizzate da più tempo nel Nord Europa. Il destinatario del prodotto è prevalentemente il committente privato per la realizzazione di aree pedonali o solo leggermente carrabili.

Agli inizi degli anni '80 viene introdotta la tecnologia del massello multistrato, realizzato con differenti impasti di calcestruzzo per lo strato di supporto e per lo strato di usura, e si sviluppano rapidamente diversi formati di massello e il deposito dei relativi brevetti, che, in un mercato che richiede sempre maggiore competitività, rappresentano una nicchia di tutela degli investimenti in produzione. Il mercato si rivolge infatti ancora prevalentemente all'applicazione architettonica del massello, ponendo particolare enfasi alle caratteristiche estetiche e alla sua capacità di adattarsi a differenti situazioni ambientali. Verso la fine degli anni '80 si registra una consolidata acquisizione, in particolare da parte dei progettisti per conto delle Pubbliche Amministrazioni, della validità del prodotto per la realizzazione di parcheggi, marciapiedi e/o aree promiscue, mentre la committenza privata, sulla scorta delle positive esperienze estere pubblicizzate, ne consolida l'utilizzo per le aree industriali anche con destinazioni d'uso molto pesanti. Questo sviluppo viene trascinato da una efficace attività di normazione sugli aspetti tecnico-prestazionali dei masselli, iniziata nel 1982 dai produttori più qualificati raggruppati nell'associazione Pavitalia, quindi recepita dagli Enti normativi nazionali, in modo da supportare il prodotto con elevati requisiti qualitativi. L'attuale tecnologia produttiva è basata su impianti completamente automatizzati in grado di produrre per formati semplici fino a 200 m<sup>2</sup>/ora di pavimentazione. La comparazione con realtà di altri paesi a struttura simile all'Italia prospetta per il mercato nazionale interessanti indici di potenziale sviluppo: i dati più recenti di Germania e Paesi Bassi indicano infatti un consumo annuale superiore a 1,5 m<sup>2</sup>/abitante di pavimentazioni modulari in calcestruzzo, contro il dato nazionale che non supera 0,5 m<sup>2</sup>/abitante. Il maggiore settore potenziale di sviluppo è certamente rappresentato dall'utilizzo dei masselli autobloccanti nella viabilità urbana.

## Il fibrocemento

di Franco Pacchioni e Marco Salvaneschi

Le lastre in fibrocemento, nelle quali tuttavia il cemento veniva rinforzato con fibre di amianto, risalgono ai primi anni del XX secolo.

Dopo molti tentativi, nel 1900 l'austriaco Ludwig Hatschek riesce a far registrare un brevetto per la produzione di lastre in cemento amianto. Nel 1893 egli aveva acquistato una fabbrica di cartone di amianto e aveva compreso le straordinarie proprietà delle fibre di amianto. Cerca, quindi, la possibilità di abbinare le fibre di amianto con altri materiali, soprattutto il cemento. Scopre allora che le fibre di amianto e il cemento hanno un legame molto forte risolvendo il problema di ottenere uniformi e ripetibili distribuzioni delle fibre nella massa.

Utilizza una macchina in tondo, simile a quella usata per la fabbricazione del cartone, mescolando fibre, cemento e acqua. Nella macchina ruotano dei rulli cilindrici, sulla cui superficie si depositano, sovrapponendosi, strati di piccolo spessore; dalle dimensioni dei cilindri varia la dimensione della striscia di materiale idoneo a poter essere tagliato e sagomato nelle forme desiderate. All'inizio si producono solo lastre o scandole di assai piccole dimensioni, usate per coperture e per facciate, che vengono chiamate "Eternit" dallo stesso inventore, il quale diffonde il marchio in tutto il mondo, limitando tuttavia l'uso del brevetto ad un solo fabbricante per ogni paese.

Il licenziatario del paese si impegna a scambiare le



proprie esperienze tecniche con gli altri licenziatari. Nel 1913 in Italia Adolfo Mazza realizza e brevetta una macchina che consente, basandosi sullo stesso principio delle lastre, di fabbricare tubi di diametro notevole, che vengono utilizzati per realizzare condotte di adduzione e di scarico di acqua. La macchina prende il nome, in tutto il mondo, di "macchina Mazza".

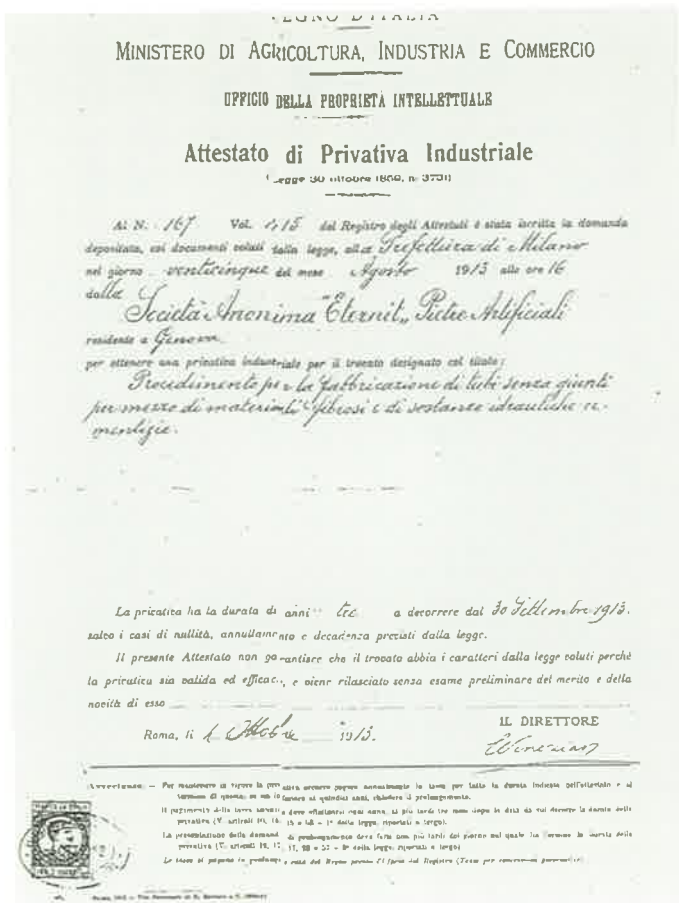
In Italia all'inizio del secolo XX la produzione di cemento amianto viene effettuata solamente dalla società Eternit di Casale Monferrato, che denomina "Eternit" i suoi prodotti. Ben presto il nome della società si identificò con quello del materiale.

Negli stabilimenti di Casale Monferrato (AL), Cavagnolo (TO), Bagnoli (NA) e, più tardi, Siracusa (della Eternit Siciliana) vengono fabbricati principalmente lastre ondulate e piane, tubi per acquedotti e fognature, canne fumarie e di ventilazione, ecc.

Nell'intervallo tra le due guerre, verso gli anni '30, sorge il secondo importante produttore italiano di cemento amianto, la Fibronit, che impianta i suoi stabilimenti a Broni (PV), Avenza (Massa Carrara) e Bari, con una gamma simile a quella della Eternit ma con procedimenti di fabbricazione diversi, che si avvalgono di specifici brevetti. Il collocamento dei prodotti va avanti con una diffusione sempre più capillare, ma il periodo della seconda guerra mondiale segna una battuta di arresto a causa della mancanza della materia prima fondamentale, che proviene in buona parte da miniere collocate all'estero: solo l'amianto nazionale della miniera di Balangero (TO) può essere utilizzato, ma la sua capacità di rinforzo è scadente per cui vengono sperimentati, con scarso successo, diversi succedanei.

È interessante riportare una nota scritta da Adolfo Mazza nel 1946 a proposito della nascita dei tubi in amianto cemento.

*«Io ebbi l'idea di fabbricare tubi in amianto cemento guardando la macchina lastre quando il cilindro formatore in effetti produce un tubo che, tagliato lungo una generatrice, dà come risultato una grande lastra: l'essenziale era di verificare se questo tubo ottenuto da una macchina lastre sarebbe stato di sufficiente-*



mente buona qualità per dare fiducia e se la sua produzione sarebbe stata economicamente accettabile; i primi risultati furono per me abbastanza incoraggianti, ma ancora lontani da quello che io osavo sperare. Io ero sicuro del risultato finale e lo scoraggiamento che talvolta mi prende va non arrivava a demolire la mia convinzione della riuscita. Finalmente, dopo circa sei anni di prove, si giunse a risolvere il problema e in data 1 Ottobre 1913 fu possibile ottenere il primo brevetto di tubi sulla base del quale si lavora ancora oggi».

I componenti utilizzati per realizzare tali manufatti sono: cemento, amianto e acqua.

L'amianto, ridotto in fibre elementari con un processo di disintegrazione e di molazzatura ad umido, viene mescolato al cemento in proporzione di 10 parti di amianto e 90 di cemento e poi disperso in acqua ottenendo una miscela molto acquosa, che viene inviata alla macchina formatrice della sfoglia, denominata macchina Hatcheck dal nome dell'inventore della tecnologia, molto simile alla macchina di produzione del cartone.

La macchina formatrice è costituita da una serie di vasche contenenti la miscela, o impasto, e da cilindri pescatori in grado di trattenere sulla loro superficie le particelle solide e lasciar passare attraverso le loro maglie filtranti l'acqua che verrà riciclata.

I cilindri pescatori a loro volta trasmettono lo strato elementare da essi trattenuto (per differenza di pressione idrostatica) dello spessore di pochi decimi di millimetro, ad un nastro continuo, detto feltro; dallo strato così deposto viene tolta l'acqua in eccesso per mezzo di casse aspiranti sotto vuoto mentre il feltro avanza trascinato dalla rotazione del cilindro di comando che dà il moto a tutta la catena cinematica (rulli, cilindro, feltro). Lo strato così formato viene a sua volta trasferito per adesione al cilindro formatore, se si tratta di fabbricare lastre piane od ondulate, oppure se si tratta di fabbricare tubi, ad un mandrino metallico avente il diametro corrispondente a quello dei tubi da fabbricare.

Le fasi successive comprendono: per le lastre il taglio a misura della sfoglia prodotta per ottenere lastre piane che vengono ondulate e poi deposte su stampi



metallici per effettuare l'indurimento, e per i tubi lo sfilamento del tubo dal mandrino ed il successivo indurimento in aria o in acqua.

Per tutti i prodotti completa il ciclo la fase di stagionatura, la cui durata è dell'ordine di 30 - 60 giorni.

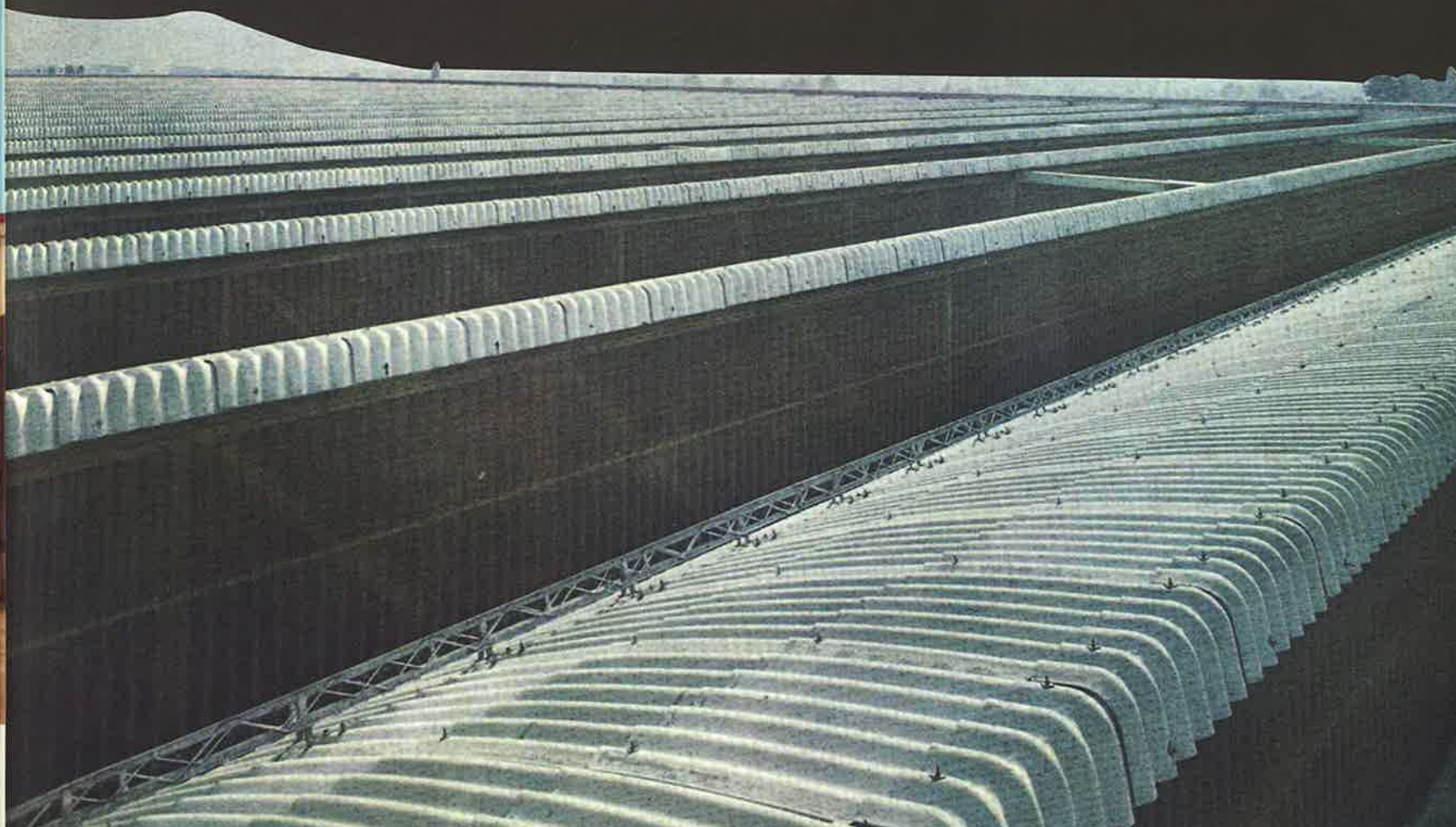
Finita la guerra, con il ritorno della disponibilità di amianto, la produzione riprende con maggiore vigore (compatibilmente con la disponibilità di cemento, all'epoca merce rara) e si affaccia sul mercato il terzo importante produttore, la società Sacelit del gruppo Italcementi la quale, forte a sua volta dell'utilizzo di nuovi brevetti di tecnologia avvia la produzione nello stabilimento di Alzano (BG) per costruire subito dopo due nuovi stabilimenti, a Calusco (BG) e Senigallia (AN) cui ha fatto seguito più tardi la costruzione dello stabilimento di Volla (NA) e di S.Filippo del Mela (ME).

Il boom economico e il fervore costruttivo degli anni compresi tra gli anni '60 e '80, nei quali i materiali da costruzione vanno letteralmente "a ruba" (forse qualcuno ricorda ancora quando il cemento doveva

essere prenotato e pagato con anticipo, e non sempre si riusciva ad avere tutta la quantità richiesta nel momento giusto) fa sorgere altre aziende minori di produzione, alcune dotate di macchinario sufficientemente valido, altre un po' di fortuna, altre ancora che, non disponendo dei capitali necessari per impiantare i macchinari piuttosto costosi, si limitano a produrre manualmente quei manufatti di corredo degli elementi fatti a macchina, fornendoli sovente ai produttori maggiori.

Si raggiunge un picco di una ventina di produttori, (tre grandi, come più sopra ricordato e gli altri medi o piccoli), i quali raggiungono una produzione record di 600 - 650.000 tonnellate di prodotto all'anno. Tra i prodotti di particolare rilievo i tubi a pressione e fognatura, utilizzati nelle grandi opere idrauliche per adduzione di acqua potabile e scarico di acque di fogna (impiego sancito da una apposita Circolare Ministeriale dell'epoca).

Così per tutti gli anni '80 e l'inizio degli anni '90, sia pure con una certa diminuzione della produzione dovuta alla fine del periodo della ricostruzione, e



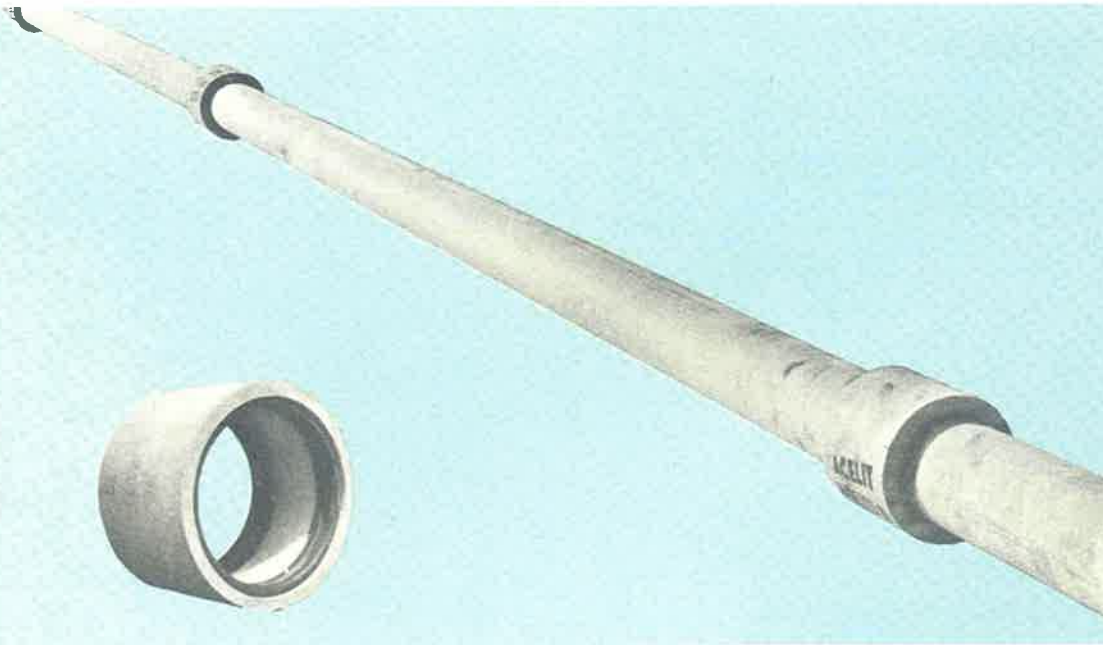
quindi ad una diminuzione del numero dei produttori, soprattutto di quelli con scarsa capacità produttiva. Verso la fine degli anni '90 si comincia a parlare della pericolosità dell'amianto: il problema non è più soltanto relegato negli ambienti scientifici specializzati, si comincia a prendere conoscenza del fatto che la inalazione delle fibre è pericolosa. L'inalazione di fibre in quantità notevole può dar luogo a una malattia professionale nota come "asbestosi", legata all'esposizione alla polvere del soggetto per molti anni. Il mondo scientifico si rende soprattutto conto che non esiste alcuna possibilità di difendersi dall'inalazione, anche assai breve e casuale, di fibre di amianto che può provocare, nei soggetti organicamente predisposti, una forma particolare e rara di tumore, fino ad allora non nota. L'unico modo per evitare di inalare fibre di amianto è quello di non usarlo, per cui il legislatore, con la Legge 292 dell'aprile 1992, mette al bando tutte le fibre di amianto e tutti i prodotti che lo contengono. Anche il cemento amianto, così come tanti altri prodotti che lo contengono, dopo un breve periodo concesso per l'esaurimento delle scorte, cessa per legge la produzione. Tutte le aziende più importanti, in Italia e in Europa, avevano già iniziato a sperimentare fibre diverse dall'amianto, e al momento della cessazione della produzione non si fanno trovare impreparate, modificando la precedente tecno-

logia e utilizzando fibre nuove, del tutto atossiche, che possono conferire al composito di cemento e fibra le caratteristiche richieste.

Il nuovo prodotto venne chiamato "fibrocemento ecologico": il mercato è disponibile ad adottare la nuova tecnologia, compatibile con l'ambiente e con un interessante e competitivo rapporto costi/prestazioni.

Le tecnologie produttive sono sostanzialmente derivate da quelle utilizzate in precedenza, con significative modifiche dovute all'impiego delle nuove fibre di rinforzo. Le fibre, omologate ai fini sanitari da un apposito Decreto del Ministero della Salute, sono sostanzialmente di due tipi: cellulosa a fibra corta, ben nota e utilizzata in molti processi industriali, che serve a conferire le idonee proprietà filtranti alla miscela di fibre, cemento e acqua e PVA (polivinilalcol) messe a punto in modo specifico per poter essere combinate con cemento e trasformate nel modulo elastico per poter conferire resistenza al composito. Infatti il rinforzo conferito dalle suddette fibre alla matrice cementizia è assai elevato nonostante il limitato peso specifico dei prodotti, ed inoltre tali fibre consentono di ottenere resistenze all'urto dei nuovi tipi di lastre 2-3 volte più elevate rispetto a quelle delle lastre precedenti.

Con l'evolversi dei prodotti realizzati con le nuove tecnologie, si è aggiornato ed evoluto il quadro nor-



mativo/prestazionale dei prodotti, sia che si tratti di lastre, ondulate e piane, che di tubi. Le norme di prodotto sono di tipo europeo, e sono in fase di avanzata armonizzazione che consente di ottenere che i prodotti vengano dotati del marchio CE: esse sono principalmente le UNI EN 492 per le lastre piane, UNI EN 494 per le lastre ondulate e UNI EN 588 per i tubi. Le principali prestazioni che vengono assicurate dalla rispondenza delle lastre alle norme UNI EN anzidette sono le seguenti, oltre alla identificazione di dimensioni e tolleranze:

- resistenza meccanica a flessione, sia in senso longitudinale che trasversale;
- deformabilità;
- durabilità;
- prestazioni climatiche, intese come resistenza alla azione di gelo / disgelo e di sole / pioggia.



In campo nazionale, sono assai importanti la norma UNI 10636, che disciplina le norme di posa in opera delle lastre ondulate, recependo anche le istruzioni del D.M. 16/01/1996 relativamente ai carichi di neve e vento e la norma UNI 10960 relativa all'attraversamento di un corpo molle di peso e dimensioni prefissate. Tale norma è fatta per le lastre cosiddette "rinforzate" cioè munite di rinforzi longitudinali costituiti da fili o nastri di materiale compatibile, disposti all'interno dello spessore delle lastre in senso longitudinale.

La presenza di tali rinforzi impedisce lo sfondamento delle lastre anche nel caso in cui esse subissero una rottura dovuta a pedonamento o ad altre cause, trattenendo per un tempo sufficiente la persona che si trovasse a transitare sulla lastra. Esse vengono anche definite "lastre a resistenza migliorata".

Vengono realizzati in fibrocemento ecologico diversi prodotti, tra cui:

- lastre ondulate per coperture;
- lastre ondulate sottocoppo;
- lastre piane per soffittature;
- tubi per edilizia e prodotti vari.

Meritano particolare attenzione le lastre denominate "sottocoppo" in quanto esse vengono utilizzate

come sostegno di coppi in laterizio, ottenendo diversi vantaggi contemporaneamente: un tetto più leggero in quanto si usa un solo strato di coppi – un tetto conseguentemente assai più economico senza alcun sacrificio dell'estetica – un tetto che assicura una tenuta completa ad acqua, polvere, neve, vento, ecc. Il colore naturale delle lastre ondulate è quello del cemento, e l'aspetto delle coperture risulta simile, a parte le ondulazioni delle lastre, a quello dei cementi armati che spesso vengono lasciati in vista come elementi decorativi.

Tuttavia per venire incontro alla sensibilità di architetti e di Amministrazioni Pubbliche verso la colorazione delle coperture, soprattutto se esse sono inserite nei centri storici oppure in specifici contesti ambientali, sono stati perfezionati e potenziati i sistemi di produzione di lastre colorate (del resto note da tempo, ma in passato relativamente poco richieste).

Non sempre è noto infatti che si possono ottenere coperture in fibrocemento variamente colorate, dal giallo, al verde, al mattone in varie tonalità o al nero, con grande elasticità nelle colorazioni ottenibili, tanto che esse possono essere realizzate anche con colore su campione. Le lastre ondulate o piane vengono colorate mediante applicazione in fabbrica di un doppio e spesso strato di vernice a base acrilica, studiata e messa a punto particolarmente per il fibrocemento che, essendo fortemente alcalino, richiede che venga utilizzata una vernice molto resistente a tale ambiente; il processo di verniciatura avviene in tunnel di notevole lunghezza (almeno 50 m) nel quale avvengono le varie fasi del processo, consistenti in: pulitura, asciugatura e riscaldamento della lastra, applicazione di un primo strato di vernice, appassimento, applicazione di un secondo strato di vernice, essiccamento, raffreddamento.

Molto importante è la permeabilità residua della lastra dopo verniciatura, per consentire alla stessa di assorbire e cedere la umidità atmosferica senza che si formino all'interno della stessa pericolose tensioni interne e l'impiego di lastre di ottima qualità.

## I tubi per acquedotti

di Giuseppe Squillaci

Una carrellata storica sulle origini dei tubi in calcestruzzo induce a richiamare alla memoria, per una certa affinità strutturale, il sistema acquedottistico dell'antica Roma realizzato tra il III secolo a.C e il II secolo d.C., con murature in pietrame o in mattoni rivestite con un consistente intonaco di malta idraulica di calce e pozzolana. La durabilità di queste opere è comprovata dalla sopravvivenza di alcune parti di esse tuttora in servizio.

I primi tentativi di impiego di calcestruzzo armato per la costruzione di tubi risalgono invece ai primi dell'800. Fin dalle prime applicazioni, questa nuova entità strutturale manifesta una spiccata attitudine per la costruzione di condotte di medio e grande diametro, sia gettate in opera che ottenute mediante giunzione di elementi tubolari prefabbricati.





Ed è proprio in questo contesto, come già accennato nel Capitolo 2, che i primi tubi in calcestruzzo ordinario furono immessi nel mercato italiano. Risalgono al 1909 i primi brevetti della società Vianini di Roma per la messa a punto di sistemi di fabbricazione industriale mediante centrifugazione. Successivamente, i diritti di sfruttamento vengono acquistati da importanti società di diversi paesi europei che a loro volta danno inizio ad una notevole attività con lo stesso metodo della centrifugazione.

In Italia, nel periodo 1912-1915, oltre 150 Km di tali tubi sono impiegati in varie diramazioni dell'Acquedotto pugliese e tra il 1925 e il 1931 ne vengono realizzati altri 100. I tubi in calcestruzzo armato precompresso, invece, fanno la loro comparsa agli inizi degli anni '30 con l'avvio degli studi e delle sperimentazioni che hanno dato luogo alla attuale produzione su scala industriale.

Le prime applicazioni in Italia si hanno nel 1934 con la realizzazione dell'Acquedotto industriale del Neto per conto degli Stabilimenti Montecatini di Crotona: si tratta di tubi del diametro di 800 mm, in elementi lunghi 3 metri e mezzo, con estremità a cordone e



bicchiere, collaudati in opera a 10 atm. Pur trattandosi di una condotta che sviluppa soltanto 1850 m, quest'opera rappresenta comunque nel campo dei tubi in c.a.p. la prima realizzazione in Italia e certamente una delle prime nel mondo. Nello sviluppo di questi prodotti si individua chiaramente una fase sperimentale che si avvia negli anni '50. Tutti i tubi precompressi attualmente in uso, perciò, derivano da una solida esperienza. La tecnologia più diffusa per la fabbricazione di tubi in c.a.o. e c.a.p. è quella della centrifu-





gazione (integrata o meno da rullatura) ottenuta per rotazione di stampi entro i quali sia stata preliminarmente posizionata la gabbia dell'armatura dimensionata. Una volta messo in rotazione l'insieme, il calcestruzzo viene uniformemente distribuito nello stampo da un nastro trasportatore e costipato per effetto della centrifugazione che, in particolari sistemi di fabbricazione (V. Rocla), è accompagnata da una forte azione di compattazione ottenuta per mezzo di un asse di rullatura disposto all'interno dello stampo.

Per quanto riguarda i tubi in c.a.p. nel nostro paese sono affermati, pur senza dimenticare alcune prestigiose applicazioni di tubi monolitici, i tubi a struttura composita, con nucleo prefabbricato, appunto, per centrifugazione, sul quale, una volta stagionato, viene avvolta la spirale di precompressione trasversale successivamente protetta da un rivestimento cementizio con sovrapposto manto bituminoso. Il

nucleo è altresì precompresso longitudinalmente mediante tiranti pretesi annegati nello spessore di parete. La gamma commerciale applicativa di questi tubi è compresa tra i diametri 1000 e 3500 mm.

Negli anni '90, il settore dei tubi in calcestruzzo ordinario si è arricchito di un nuovo tipo di tubo detto "TAD", Tubo ad Armatura Diffusa, che si differenzia dalla produzione normale per il fatto di avere le armature trasversali e longitudinali costituite da un elevatissimo numero di fili di acciaio, ad alta resistenza e di diametro assai ridotto, uniformemente distribuiti nello spessore di parete. Anche il processo di fabbricazione di questi tubi è diverso. Esso consiste essenzialmente nella proiezione di un calcestruzzo confezionato con inerti di pezzatura sottile su un mandrino metallico rotante sul quale si avvolgono elicoidalmente i fili.

La diffusione dell'armatura dà luogo alla formazione di un materiale composito dotato di particolari caratteristiche di resistenza specie nei confronti delle sollecitazioni di trazione. Il campo di applicazione dei TAD è particolarmente congeniale a tubi di diametri da 500 a 1400 mm.

Sul versante invece dei tubi in precompresso, un nuovo tipo di prodotto è il TCM, Tubo con Cilindro Metallico inglobato.

Questi tubi sono costituiti da un nucleo in calcestruzzo nel quale è inglobato un cilindro di lamiera metallica di piccolo spessore; alle estremità del cilindro sono saldati due robusti anelli metallici sagomati rispettivamente a bicchiere e cordone, quest'ultimo con un profilo adatto a consentire l'alloggiamento di un anello di gomma. Il tubo nucleo è precompresso trasversalmente con una spirale di filo d'acciaio, protetta come al solito da un rivestimento cementizio e manto bituminoso. La presenza del cilindro conferisce a questi tubi prestazioni decisamente elevate, soprattutto per quanto riguarda l'impermeabilità, la tenuta idraulica dei giunti e il margine di sicurezza alla pressione interna. Ne è riprova l'adozione di questi manufatti per la realizzazione di prestigiosi acquedotti idropotabili (v.p. es. Acquedotto del Lago di Bracciano a Roma e l'Acquedotto di Philadelphia - USA).

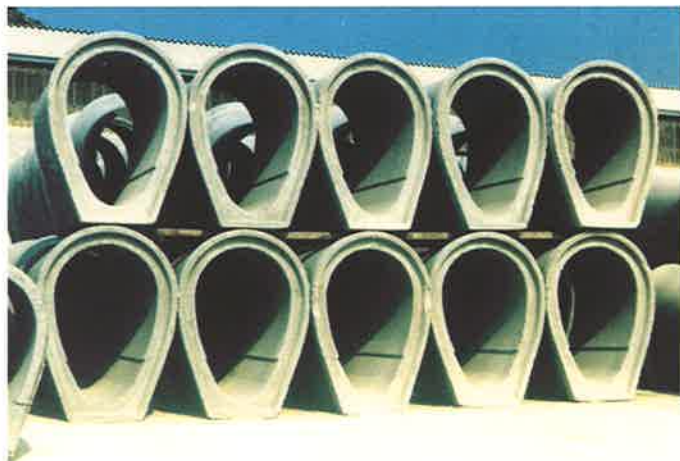
## Le tubazioni in calcestruzzo

di Renzo Braganti e Carlo Bonfanti

I tubi in calcestruzzo per la realizzazione di condotte hanno radici antiche. Come quelli per gli acquedotti, anche questi tipi di tubi hanno visto le loro prime significative applicazioni già in epoca romana. Risale, per esempio, al 200 a.C. la realizzazione del sistema per il convogliamento delle acque reflue nel tratto Eifel-Colonia ed ancora oggi in buone condizioni di conservazione.

Fino all'inizio del XVIII secolo non si registrano progressi importanti per quanto riguarda le tecniche costruttive e i modelli matematici che descrivono la cinematica e dinamica dei fluidi.

Verso il 1840, si sviluppano i primi metodi di risanamento delle acque reflue quando si costruisce la prima condotta moderna, ad Amburgo. Vengono poi realizzate, di lì a poco, quella di Londra e Parigi.



Negli Stati Uniti, la più antica rete è considerata quella di Mohawk, New York, costruita in calcestruzzo nel 1842.

L'industria delle tubazioni in calcestruzzo comincia dunque a svilupparsi durante il XIX secolo, di fronte alle grosse necessità di fornitura di acqua potabile e lo smaltimento di acque piovane e reflue dovute alla crescita delle città e delle attività industriali.

Molte reti in calcestruzzo per il convogliamento delle acque vengono costruite tra il 1860 e il 1880 e presto le loro caratteristiche di durabilità e sicurezza cominciano ad essere evidenti e apprezzate.

Negli anni del Dopoguerra, vi è una grande espansione produttiva dovuta alle evidenti necessità di ricostruire e integrare quanto distrutto dal conflitto, ma soprattutto per soddisfare le esigenze nate in seguito ad un nuovo sviluppo del tessuto urbano con nuovi insediamenti civili ed industriali. Vi è, inoltre, una più accentuata sensibilità a problemi di tipo ambientale. È di questo periodo l'uso di tubi in calcestruzzo con l'incastro a mezzo spessore, senza armature e con diametri fino a 1000-1200 mm. L'evoluzione più significativa che contraddistingue questo periodo è quella tecnologica poiché si passa da un processo produttivo quasi manuale ad un processo industriale automatizzato con produzione in serie dei manufatti.

I tubi vengono prodotti in verticale, da un mandrino rotante che pressa il calcestruzzo in senso assiale. Risalgono a questo periodo i tubi cosiddetti "giropressati" o "rotopressati", dal nome dei marchi "Giropress e Rotopress" delle macchine che li producono. La grande innovazione tecnologica consiste nella immediata sformatura, con l'utilizzo di sole due casseforme, e conseguente notevole capacità produttiva dell'impianto.

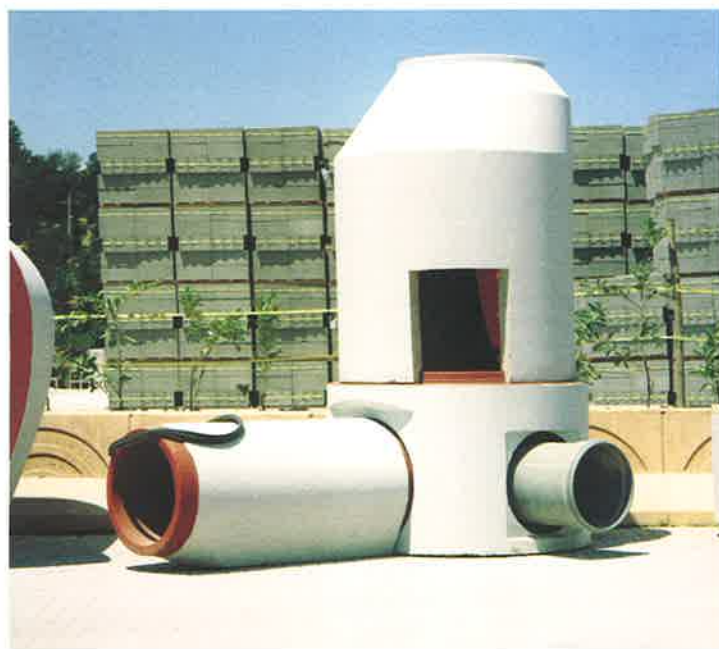
Vengono così confezionati manufatti a sezione ovoidale, circolare ed altri profili con innesto a bicchiere, passando da sistemi inizialmente rudimentali a sistemi altamente specializzati ed automatizzati.

Dalla metà degli anni '60 fino ai giorni nostri, si è affermato quindi, il procedimento costruttivo a compressione radiale e vibrocompressione unitamente ad una serie di evoluzioni tecnologiche volte a migliorare sempre più tale processo costruttivo.

La compattezza del calcestruzzo è molto elevata per cui è possibile produrre e sformare immediatamente elementi anche di notevole lunghezza e dimensione. A garantire la qualità finale del prodotto interviene anche la perfezione costruttiva delle armature e la macchina formatrice, automatica, consente la produzione di armature ad hoc con la possibilità di variazione del passo della spirale in maniera continua e con conseguente ottimizzazione dell'armatura stessa che viene realizzata nella sua interezza, bicchiere compreso.

Accanto alle armature di tipo tradizionale compare un nuovo sistema per incrementare la resistenza a trazione del calcestruzzo. L'aggiunta di fibre di vario genere opportunamente distribuite nella pasta cementizia garantisce un adeguato incremento delle prestazioni dell'elemento.

Le più recenti innovazioni introdotte hanno riguardato la movimentazione del manufatto fresco, che è stata robotizzata e computerizzata con formatura su carrelli e ricircolo nel tunnel di maturazione, i dispositivi di centraggio delle armature, il ribaltamento dei tubi alla fine del ciclo di maturazione con i successi-



vi controlli dimensionali ed idraulici sotto vuoto o ad acqua. Inoltre per assicurare una perfetta tenuta delle giunzioni con una tolleranza minima degli accoppiamenti è possibile procedere alla rettifica dell'incastro maschio con attrezzature completamente automatizzate a controllo numerico anche per garantire all'utilizzatore una qualità certificata.

È poi dell'inizio del secolo scorso l'introduzione del metodo della posa delle tubazioni senza scavo (no dig) che consente di superare ostacoli rappresentati da strade, binari ferroviari, fiumi, canali edifici, aeroporti che venissero a trovarsi sul percorso delle tubature con notevoli vantaggi per i mezzi di trasporto e gli abitanti non più obbligati dalla necessità di percorsi alternativi sempre molto penalizzanti anche dal punto di vista economico. Le tecniche del "micro-tunneling" e del "pipe jacking" trovano la loro principale applicazione in condotte di scarico di acque reflue, installazione di tubature per gas e acqua, condotti petroliferi, tubi guida per le telecomunicazioni e l'elettricità e per canali sotterranei. Si deve infine ricordare che recentemente sono sempre più impiegati da Enti Gestori e previsti dai progettisti tubazioni in calcestruzzo a sezione rettangolare di piccole, medie e grandi dimensioni per la realizzazioni di cunicoli tecnologici, condotte di grande portata e sottopassaggi pedonali o stradali.

Attualmente sul mercato si possono trovare le seguenti tipologie di manufatti:

- tubi non armati con diametro max 1500-1600 mm e lunghezza utile fino a 2400 mm;
- tubi rinforzati con fibre metalliche con diametro max 1200mm e lunghezza utile fino a 2400 mm;
- tubi armati con diametro max 1500 mm e lunghezza utile fino a 4000 mm;
- tubi armati con diametro max 2500-3000 mm e lunghezza utile fino a 2400 mm

che dal punto di vista della sezione esterna, invece, si classificano in:

- tubi circolari,
- tubi a base piana (internamente possono avere una sezione circolare o ellittica),
- tubi di sezione quadrata o rettangolare con dimensioni sino di 3000 x 4500 m.



Esiste poi un'ampia serie di prodotti accessori che vanno dai canali alle canalette per il convogliamento dei fluidi, alle caditoie, alle vasche settiche, ai disoleatori, alle camerette d'ispezione, ai pozzetti di diverse dimensioni e funzioni e tutti i manufatti complementari alle realizzazione di condotte a base cementizia e non.



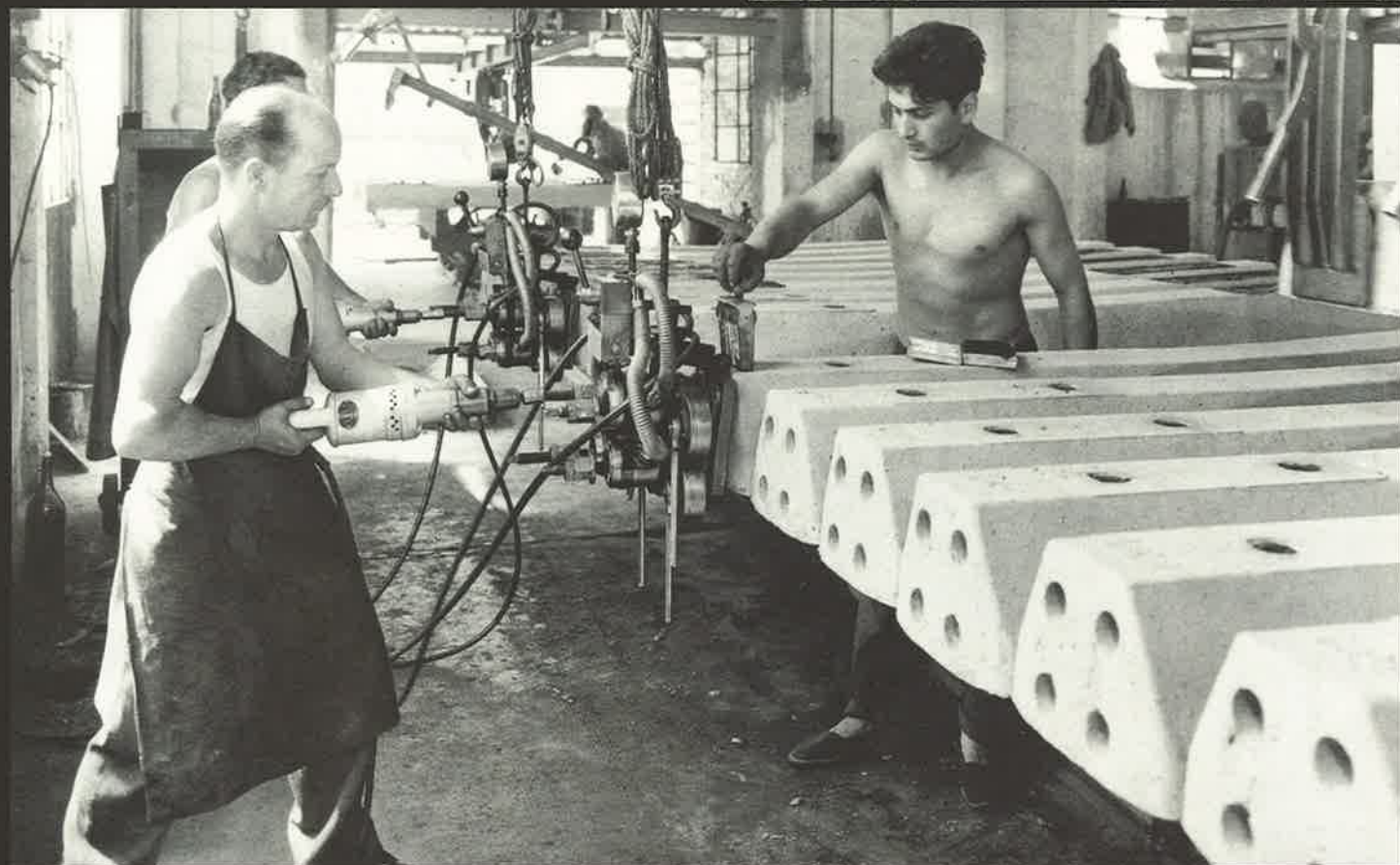
## Le traverse ferroviarie

di Giuseppe Squillaci

È il giardiniere francese Monier ad ideare una traversa in calcestruzzo che brevetta nel 1884. La traversa Monier stimola i costruttori d'Europa e d'America a sviluppare numerosi tipi di forme di traverse ma, all'inizio nelle prime applicazioni dei primi del '900, vi sono notevoli insuccessi, dovuti al fatto che le soluzioni studiate non sono in grado di garantire una resistenza adeguata alle molteplici sollecitazioni nonché soluzioni adeguate per il fissaggio delle rotaie. All'inizio della seconda Guerra Mondiale, nel 1939, si annuncia già una evoluzione nella storia della traversa. Infatti, le grosse difficoltà di approvvigionamento del legname spingono le ferrovie tedesche, inglesi e francesi a riprendere le sperimentazioni sulle traverse in calcestruzzo. La svolta arriva con l'introduzione del calcestruzzo armato precompresso, grazie al quale si riescono ad ottenere le prestazioni desiderate. Si inizia così, anche in Italia, una produzione a scala industriale del prodotto, che, come

abbiamo visto, avviene negli anni '60 quando le FS decidono di utilizzarle per le nuove linee. Sostanzialmente, per la traversa monolitica in calcestruzzo si sono riprese forma e dimensioni della traversa in legno.

Il tipo adottato, inizialmente, è quello monolitico da 2,30 m di lunghezza, precompresso con 8 tondini di acciaio armonico di diametro 7 mm variamente





ancorati secondo i procedimenti di produzione, tesi a circa 5000 Kg ciascuno.

Successivamente le FS. sperimentano altri tipi di traverse, per esempio quelle da 2,60 m di lunghezza con 4 tondini di acciaio armonico diametro 9,3 mm, tesi a circa 9000 Kg ciascuno e pervengono circa 10 anni fa alla realizzazione da parte della Vianini Industria delle traverse A.V. montate sulla linea Alta Velocità Roma-Napoli e felicemente collaudate e andate in esercizio.

La traversa monolitica in c.a.p. può considerarsi un prodotto ormai largamente affermato avendo dimostrato di offrire innegabili vantaggi rispetto ad altri tipi di traversa tra cui:

- maggior peso rispetto alla traversa in legno che equivale ad un maggior contributo alla resistenza laterale del binario;
- maggior conservazione della stabilità nel tempo,

a parità di condizioni, della massicciata e della piattaforma e conseguenti minori oneri di manutenzione;

- maggiore inerzia ai momenti verticali al passaggio dei carichi mobili;
- impiego di rotaie saldate reso possibile proprio grazie alle caratteristiche di peso e stabilità;
- costanza dello scartamento assicurata dai rigidi controlli di fabbricazione che competono ad un prodotto industriale di grande serie;
- lunga durata nel tempo dovuta alle elevate qualità del calcestruzzo e all'ottima protezione dell'acciaio di precompressione.

Per concludere questa sintetica e veloce carrellata sulle traverse in c.a.p. va segnalato che da qualche mese le FS. hanno deciso di riqualificare buona parte della rete nazionale passando all'adozione di traverse da 2,40 e 2,60 a prestazioni più elevate e graduando contestualmente l'emarginazione della traversa FS V 35 P da 2,30.

## I pali

*di Paolo Cervesato*

Il brevetto relativo alla centrifugazione del calcestruzzo fresco per la produzione di elementi a sezione circolare o poligonale cava è stato introdotto in Italia dalla Germania all'inizio degli anni '20, per la produzione di sostegni per elettrodotti.

Dopo l'inevitabile primo periodo di diffidenza, questo nuovo prodotto, fino allora sconosciuto in Italia, si è progressivamente affermato, fino a dominare per i successivi 60 anni, il mercato dei sostegni delle linee elettriche di alta, bassa e media tensione.

La penalizzazione dovuta all'elevato peso proprio del calcestruzzo, che avrebbe potuto limitare la diffusione del palo in calcestruzzo armato centrifugato per eccessivi costi di trasporto, è superata dalla prima società produttrice con la creazione di tredici stabilimenti, strategicamente distribuiti su tutto il territorio nazionale e sulle isole.

Questo successo aumenta, per contro, il già diffuso interesse di altri imprenditori, stimolando la nascita di un'agguerrita concorrenza.



Negli anni '60, la nazionalizzazione delle società elettriche confluite nell'ENEL fa registrare un'ulteriore proliferazione di centri produttivi dei sostegni in c.a.c., il cui mercato era stato erroneamente considerato in espansione.

Negli anni '70-'80, a fronte di una richiesta tendente alla saturazione, si verifica un ulteriore aumento dell'offerta. Questa circostanza, aggravata dall'apparire sul mercato italiano di pali realizzati con altri materiali, porta inevitabilmente ad una gravissima crisi del comparto.

Degli eroici tempi pionieristici di settanta anni fa restano purtroppo il ricordo e le fotografie delle realizzazioni di testimonianze del grande contributo prestato dalla prefabbricazione in calcestruzzo anche in questo particolare campo applicativo.

### ***I pali per fondazioni***

Fin dalla preistoria sono stati impiegati pali di legno per fondazioni in terreni paludosi.

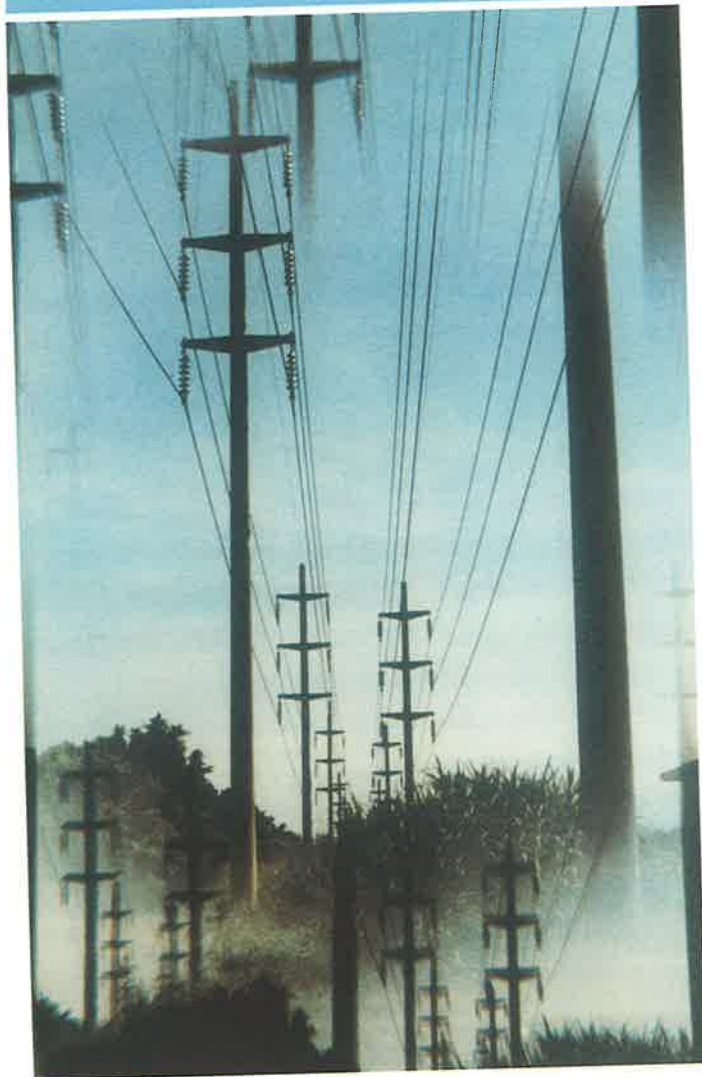
A fine dell'Ottocento, invece, gli studi di geotecnica e i metodi di calcolo e la tecnica delle fondazioni progrediscono rapidamente; i pali infissi per battitura, di

legno o prefabbricati di calcestruzzo armato o di ferro, vengono affiancati dai pali gettati in opera.

Ad oggi, i pali si possono suddividere in due categorie: quelli eseguiti senza asporto del terreno e quelli eseguiti con asporto del terreno.

Alla prima categoria appartengono i pali prefabbricati in calcestruzzo armato o precompresso, i pali profilati o in tubi di acciaio, i pali di legno, infissi per battitura o per vibrazione, nonché i pali nei quali il calcestruzzo viene immesso all'interno di tubi di acciaio infissi col fondo tappato e poi estratti progressivamente durante il getto. Appartengono a questa categoria i pali in lamiera ondulata infissi con l'aiuto di un maschio interno e poi riempiti di calcestruzzo.





Quelli che appartengono alla seconda categoria possono essere ad asporto parziale o totale. I pali ad asporto parziale sono di recente impiego e si ottengono praticando un foro con un'elica continua applicata ad una grossa asta cava; il calcestruzzo viene immesso nel foro dell'asta e l'elica lo comprime ruotando in senso inverso durante l'estrazione.

I pali costruiti con l'asporto totale del terreno si possono suddividere in: pali tubati e non, setti e paratie; micropali. La scelta della tecnologia di perforazione dipende dalla natura del terreno e dalla presenza di falde acquifere o di banchi più o meno compatti.

I micropali invece sono pali di piccolo diametro e dalla presenza di un tubo di acciaio immerso in boiaccia che viene iniettata a pressione attraverso valvole poste nella parte inferiore del tubo.

I piloti, infine, fanno parte dei pali prefabbricati in calcestruzzo di cemento armato o precompresso, infissi per battitura.

### **Il calcestruzzo cellulare autoclavato**

*di Giuseppe Gazzola*

Questo materiale può essere considerato un tipo particolare di calcestruzzo leggero, che racchiude una notevole quantità di bolle d'aria, che gli conferiscono una caratteristica struttura alveolare di tipo chiuso poiché le microcelle, con diametro medio dell'ordine del millimetro, non sono tra loro comunicanti. L'inventore del silicato di calcio è J.A. Eriksson che nel 1929 produce l'espansione, per mezzo di polvere di alluminio, di una miscela di calce e silice. Per la maturazione il prodotto è sottoposto ad una pressione di 8 bar e all'azione del vapore saturo a 170°C. Il trattamento idrotermico accelera il processo chimico-fisico che si verifica in natura in tempi lunghi. La produzione industriale attuale, che ha in realtà subito poche modifiche rispetto al procedimento iniziale, ha incontrato un grande successo ed è in forte crescita. Gli stabilimenti di produzione che sono diffu-





si in tutto il mondo, sono localizzati in gran parte nel Nord Europa, con tecnologie di fabbricazione note rappresentate dai nomi Hebel, Ytong, Silicalcite, Siporex, ecc.

In Italia il calcestruzzo cellulare presente nel Trentino-Alto Adige nel Dopoguerra, prodotto da un impianto locale (Calcespan), è comparso significativamente sul mercato nel dopo terremoto Irpino del 1989 ad opera di un importatore di prodotto con marchio Ytong. La Calcespan con una capacità produttiva di circa 40.000 m<sup>3</sup> ha cessato da tempo l'attività. Il primo impianto realizzato è quello della

Siporex nel Frusinate al quale, nel 1985, è seguito quello dalla RDB Hebel a Pontenure (PC).

Sono poi sorti quello della Italgasbeton, sempre nel Frusinate, e della Silicalcite a Volla (NA), questo ultimo realizzato dalla Italcementi nel 1987 e ceduto successivamente alla RDB.

La capacità produttiva nazionale si attesta sui 650.000 m<sup>3</sup>.

Per valutare l'attuale utilizzo nel territorio nazionale occorrerebbe aggiungere i prodotti dei due marchi Ytong e Greisel, importati da Francia e Germania. La produzione nazionale di elementi per murature in calcestruzzo cellulare autoclavato risulta in sensibile crescita, per la buona qualità del prodotto e per le caratteristiche prestazionali. Benché noto da alcuni decenni questo materiale viene considerato come "innovativo" rispetto alle soluzioni delle murature tradizionali, poiché relativamente poco conosciuto.

Caratteristiche apprezzate dagli utilizzatori sono la facilità di posa mediante collante, che porta a sensibile riduzione di mano d'opera, l'ottima resistenza al fuoco, le buone proprietà di isolamento acustico e soprattutto le elevate caratteristiche d'isolamento termico dovute alla composizione chimica e fisica della materia prima.

## I solai

di Giuseppe Gazzola

### ***I solai misti in laterocemento***

Come si è evidenziato nella prima parte di questo Capitolo, nel primo dopoguerra le esigenze della ricostruzione hanno da una parte portato al perfezionamento delle soluzioni preesistenti, che erano sorte sulla base delle spinte autarchiche e, dall'altra, hanno portato ad ampliare e ad innovare le tipologie, per comprendere campi di prestazioni molto ampi, richieste dalla crescita edilizia.

Il settore della componentistica per solai, che ben si presta alla razionalizzazione dei processi esecutivi senza richiedere grandi investimenti in attrezzature, è uno dei primi a svilupparsi. Ogni impresa può facilmente movimentare piccoli manufatti, risparmiando



su casseri e le lavorazioni e completando le opere con facili getti integrativi in opera.

Per tali motivazioni lo sviluppo delle prefabbricazione delle strutture da solaio ha posto le premesse per modificare il modo di costruire. Infatti si avviano fasi di industrializzazione del processo produttivo, con selezione delle tipologie e, parallelamente, di quello costruttivo, indirizzato alla riduzione degli oneri e a velocizzare fasi esecutive di cantiere.

A questi risultati ha certamente contribuito l'impiego del laterizio, al quale vengono associate caratteristiche strutturali, che ha favorito la crescita di una molteplicità di soluzioni che non ha riscontri in Europa. Intorno agli anni '50, le aziende realizzano, su ampia scala, travetti e piccoli pannelli in latero-cemento "in serie" con caratteristiche di altezza, di armatura e di lunghezza disponibili a catalogo e normalizzano, codificandole in operazioni ripetitive, le varie fasi produttive. Queste soluzioni presentano il maggior sviluppo, negli anni '50 e trovano applicazione fino agli anni '70. Ciò è senz'altro da attribuire alla grande flessibilità delle soluzioni progettate idonee sia alla esecuzione di solai piani per edilizia civile, pubblica e del terziario,

ma anche per le coperture dell'edilizia strumentale, realizzate mediante la prefabbricazione di elementi da 4-5 metri, in genere a direttrice circolare, con luci anche superiori ai 30 metri. Le esigenze progettuali portano inoltre a sviluppare soluzioni che prevedono l'impiego di componenti prefabbricati destinati a coprire sempre più grandi ambienti per le attività industriali, per l'edilizia sociale e sportiva, realizzando coperture a direttrice mistilinea, a crociera, a settori alternati, a paraboloidi iperboliche di evidente pregio architettonico. In attesa delle travi prefabbricate in cemento armato o precompresso che, di lì a qualche anno, avrebbero fornito nuove soluzioni strutturali, le volte in laterocemento si imponevano per la loro leggerezza ed economia.

Con il progredire della prefabbricazione, l'edilizia, che aveva carattere essenzialmente stagionale, è in grado di ridurre gradatamente il periodo di sospensione invernale. Impiegando solai prefabbricati si snellisce il lavoro di cantiere e si eliminano gli inconvenienti che possono derivare dall'impiego di mano d'opera non sufficientemente addestrata.

### ***I solai a travetti in cemento armato e cemento armato precompresso***

La prima produzione di travetti prefabbricati, totalmente in calcestruzzo, è databile negli anni '30 come si è visto nel Capitolo 2.



Già nell'intervallo fra i due conflitti mondiali la produzione in serie di travetti in laterizio o in cemento armato aveva assunto una importanza non trascurabile.

Nel dopo-guerra in presenza di una eccezionale richiesta del mercato il ricorso alla prefabbricazione con il ricorso a componenti leggeri ed intercambiabili, costituiva un passo obbligato.

Nei primi anni '50 all'estero, soprattutto in Germania, incominciano ad avere successo produzioni di componenti prefabbricati che si basano sul principio della precompressione e nel giro di pochi anni anche in Italia.

Attorno al '55, come evidenziato precedentemente, sono già attive in Italia aziende che producono travetti precompressi. Risulta difficile individuare gli inventori delle numerose soluzioni fiorite all'epoca. E' comunque certo che nelle principali aziende si acquisiscono conoscenze approfondite tali da consentire in modo autonomo lo sviluppo della progettazione di profili di prodotti che ottimizzano le sezioni di conglomerato e soprattutto dell'acciaio, il quale rappresenta una voce importante nei costi del prodotto.

La affermazione del sistema di solai a travetti rappresenta, sicuramente, una tappa importante nello sviluppo della prefabbricazione.

### ***I solai a travetti tralicciati***

La realizzazione di manufatti che incorporano il traliccio elettrosaldato sono databili attorno al 1960 in Olanda. La prima applicazione in Italia è avvenuta nel 1965 con la realizzazione di lastre per impalcati stradali. Nel 1968 sorgono i primi impianti per la produzione di travetti tralicciati che utilizzano come base del manufatto un fondello a C in laterizio. Questo tipo di manufatto incontra il favore del mercato venendo prodotto in numerosi cantieri su tutto il territorio nazionale.

Il successo del travetto tralicciato è soprattutto da rapportare alla crescita dei volumi di edifici destinati alla ristrutturazione: un mercato che ha preso nel tempo il sopravvento come fatturato, rispetto alla nuova edilizia.



Questo manufatto ben si presta anche alla sostituzione dei vecchi solai in legno, per i vantaggi dati dalla leggerezza e per la facilità dei collegamenti alle strutture portanti.

L'impiego di questo, come di altri piccoli componenti prefabbricati da solaio, va inoltre posto in relazione alla situazione nazionale nella quale operano imprese di dimensioni modeste, che presentano una limitata specializzazione della mano d'opera solo per determinati cicli di produzione, finalizzata all'aumento della produttività, ma parallelamente presentano in generale caratteristiche di bassa qualificazione.

### ***I solai a pannelli***

A metà degli anni '50, con la diffusione nei principali cantieri edili di idonei mezzi di sollevamento, le industrie mettono a disposizione pannelli prefabbricati di larghezza variabile da 70 a 120 cm, i

quali prevedono nelle nervature normalmente tutta l'armatura occorrente per il solaio finito. Questo tipo di manufatto consente di ottenere notevoli vantaggi tecnici ed economici derivanti dalla rapidità con la quale possono essere realizzati gli orizzontamenti data la assenza di puntellazione provvisoria e per i ridotti volumi dei getti in cantiere. Gli impianti di prefabbricazione raggiungono in breve un alto livello di meccanizzazione con sistemi a "carosello" che consentono un'elevata produttività e notevole costanza qualitativa. Poiché sul finire degli anni '50 si introducono e si affermano vari sistemi di prefabbricazione per l'edilizia strumentale, le industrie produttrici di solai mettono a disposizione componenti prefabbricati sempre più completi, anche con intradossi prefiniti ad intonaco.

Tra le soluzioni di rilievo occorre citare i pannelli precompressi NEOSAP prodotti nel 1956. Questi manufatti larghi cm 120 caratterizzati dall'intradosso finito e che assommano le prestazioni delle strutture precomprese alla leggerezza delle soluzioni in latero cemento, trovano largo impiego nelle coperture dei capannoni con travi portanti ad interasse 6, 8, 10 metri. La produzione viene effettuata su piste da precompressione lunghe 250 m, mediante originali attrezzature, con lunghezze dei manufatti e tipi di armature disponibili a piazzale. I componenti a pannelli trovano largo impiego, oltre che nei grandi cantieri edili, nell'edilizia sociale e del terziario anche per merito di una tendenza a razionalizzare i progetti mediante coordinamento modulare.

### ***I solai a lastra in cemento armato e cemento armato precompresso***

Alle soglie degli anni '70 si incominciano a produrre componenti a lastra o "predalles" costituiti da una soletta inferiore in cemento armato, normalmente da 4 cm di spessore, irrigidita da tralicci metallici. L'alleggerimento è costituito in genere da blocchi di polistirolo. Le prime soluzioni presentano, per esigenze di peso, larghezza da 33 cm.

L'affermarsi di questa tipologia di componenti per solai è dovuta al ridotto peso proprio dei manufatti, rispetto alle soluzioni a pannelli, alla finitura presente all'intradosso, che richiede una semplice rasatura finale ed alla facilità di adattarsi alle esigenze impiantistiche. È indubbio che questa soluzione, che genera ridotti costi complessivi nella realizzazione dei solai, incontra successo nell'edilizia del terziario, nella realizzazione di box e parcheggi e conduce ad una più diffusa razionalizzazione dei processi costruttivi.

I sistemi produttivi del tipo a carosello o su piste metalliche, che consentono elevata produttività con investimenti contenuti, portano ad una grande diffusione della tipologia soprattutto nelle regioni del Nord. In epoca successiva, attorno al '75, alcune aziende avviano più complessi cicli produttivi di lastre precomprese per solai, irrigidite normalmente da nervature sopra-sporgenti, le quali presentano elevate prestazioni statiche, senza la flessibilità d'impiego delle soluzioni ad armatura lenta, per cui risultano idonee alla realizzazione di orizzontamenti per carichi industriali e per depositi. Attorno al 1975 si assiste ad una intensa attività di prefabbricazione.

I produttori mettono a disposizione del mercato componenti prefabbricati sempre più completi e complessi: vengono realizzati componenti da solaio per grandi luci a destinazione del terziario.

Dall'83 all'87 il settore è colpito da una profonda crisi strutturale dovuta al calo demografico che porta a minore domanda di abitazioni, minor fabbisogno di scuole, asili e palestre. Dall'87 crescono gli investimenti nelle opere pubbliche mentre l'edilizia residenziale segna il passo. In questo contesto acquisiscono spazio manufatti da solaio con elevate prestazioni strutturali e con caratteristiche di completezza; infatti



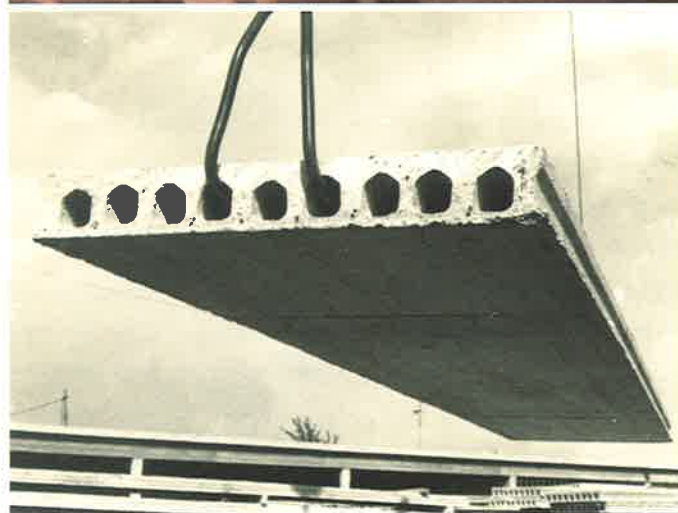
si affermano numerose produzioni con importanti sezioni trasversali come i tegoli omega, pi-greco, nervati ecc, utilizzati nelle coperture e nei solai portanti delle strutture multipiano. Si verificano le storiche fasi cicliche di un settore il quale, da una parte è portato a richiedere componenti semplici e compatibili per il settore del recupero, dall'altra richiede produzioni di componenti complessi per la grande edilizia commerciale e per la logistica, mentre lo sviluppo delle infrastrutture appare condizionato prevalentemente dai programmi e dalle disponibilità di finanza pubblica.

Analizzando l'evoluzione fino ad oggi, si può certamente affermare che la gamma dei componenti da solaio, per ampiezza di scelte, per le prestazioni statiche e per le caratteristiche formali ha raggiunto la fase di maturità già dagli anni '90, per cui, sotto tali aspetti, non si sono più sviluppate effettive innovazioni. Molto risulta ancora da realizzare nell'impiego di nuovi materiali, come i nuovi calcestruzzi ad alte prestazioni, gli autocompattanti, i compositi ed i fibrorinforzati. L'attuale sfida progettuale e produttiva è soprattutto indirizzata a realizzare manufatti dotati di caratteristiche di durabilità, perché non sono più accettabili i costi dei rifacimenti attribuibili agli errori del passato. Si devono inoltre affrontare nuove problematiche come i radicali cambiamenti nei metodi di progettazione, per la prossima entrata in vigore delle normative europee e delle norme sismiche nazionali.

## Lastre alveolari da solaio

*di Bruno Della Bella*

I primi tentativi e studi per la produzione di lastre alveolari da solaio risalgono agli anni trenta in Germania da parte di un certo Schaefer, ma solo negli anni cinquanta sono state avviate su sua licenza le prime produzioni industriali nelle due Germanie e negli Stati Uniti. La precompressione fu introdotta nel 1955, e quindi subito partì la produzione con i primi impianti sia in America (Ditta Spancrete) che in Germania (Ing. Gesser), iniziando così la grande diffusione in Europa e nel mondo



delle lastre alveolari prodotte per vibrofinitura (impianti Max Roth e Weiler).

Nel 1960 la società Spiroll sviluppò una originale macchina per produrre lastre alveolari a mezzo di coclee che estrudono il calcestruzzo dopodiché anche il procedimento ad estrusione incontrò molto favore specialmente nel Nord Europa ed in molte zone dell'area sovietica. Come accade sempre per ogni dualismo concorrenziale, lo stimolo per la supremazia tra i due sistemi produttivi per vibrofi-

nitura (sistema splip-form) e per estrusione (extruder) portò ottimi benefici allo sviluppo di questo componente prefabbricato da solaio, prodotto in tutto il mondo con le stesse tecnologie ed utilizzato sia in strutture prefabbricate in acciaio che in strutture in calcestruzzo prefabbricate ed in opera. Il trend di sviluppo ed utilizzo dei solai alveolari nell'ultimo trentennio in Italia, arrivato oggi a circa 5 milioni m<sup>2</sup> / anno su una produzione nel mondo di 200 milioni m<sup>2</sup> / anno. Per l'impulso dato allo sviluppo dimensionale delle lastre alveolari è da citare in particolare la Società italiana Nordimpianti, specializzata fin dal 1974 nella costruzione di macchine vibrofinitrici, la quale nel 1987 realizzò proprio in Italia i primi impianti per la produzione di lastre alveolari con spessori fino a 70 cm (un record per quei tempi) e che recentemente ha avviato in Gran Bretagna un impianto totalmente automatizzato, con piste in movimento a carosello e macchina finitrice fissa.

In Italia gli alveolari furono introdotti nel 1966 con il sistema "con vibrofinitrice" dal Gruppo Centro Nord di Verona e nel 1972 con il sistema "a estrusione" dal gruppo Generale Prefabbricati di Perugia: i primi destinati prevalentemente all'edilizia con strutture in opera, i secondi all'edilizia con strutture prefabbricate. Quest'anno, in un nuovo impianto con piste mobili vicino a Verona, è stata avviata la produzione di lastre alveolari a tre alveoli con spessore di cm 100 per grandi luci e forti sovraccarichi: un primato mondiale per la tecnologia italiana.

Le lastre alveolari costituiscono una particolare tipologia di solai di solo calcestruzzo e con vuoti di alleggerimento, a intradosso ed estradosso piano, e possono essere prodotti o precompressi ad armatura pretesa o ad armatura lenta.

La produzione di lastre alveolari ad armatura lenta è molto limitata nel mondo e quasi nulla in Italia; l'acciaio armonico di precompressione costituisce l'unica armatura della lastra alveolare precompressa, che risulta pertanto priva di armatura a taglio.

La capacità taglio-resistente della struttura viene interamente affidata alla resistenza a trazione del calcestruzzo, cui il processo produttivo deve per-

tanto garantire qualità elevata e costante. Tale componente strutturale prefabbricato e precompresso per la formazione dei solai è stato molto apprezzato dal mercato fin dalle origini in virtù delle caratteristiche prestazionali (calcestruzzo ad alta resistenza con  $R_{ck} > 50$  Mpa, autoportanza anche per grandi luci e forti sovraccarichi), dell'ottima finitura e minima incidenza di manodopera e materiali per il completamento in opera (solo qualche spezzone d'acciaio all'appoggio per il collegamento di testata, ed eventualmente una soletta collaborante armata per zone sismiche o per forti carichi concentrati). Anche la grande potenzialità produttiva ed automazione degli impianti moderni, e la possibilità di garantire un accurato controllo di qualità e delle tolleranze di produzione molto strette hanno favorito lo sviluppo a prezzi molto contenuti. Un'altra caratteristica per cui la lastra alveolare ha trovato grande diffusione in Italia, così come in tutti i continenti, è la grande versatilità di impiego.

Fino agli anni 70 il solaio alveolare veniva applicato quasi esclusivamente in semplice appoggio su travi in acciaio o prefabbricate in calcestruzzo e su muraure portanti.

Il positivo connubio tra solaio alveolare e trave in c.a., gettata in modo da inglobare le testate delle lastre, ha favorito inattesi sviluppi applicativi e dato notevole incremento all'impiego generalizzato dei solai alveolari in ogni tipo di costruzione, non più solo in semplice appoggio, ma anche con vincoli di continuità strutturale e perfino di incastro perfetto o in luce netta, anche in zone sismiche. Queste possibilità applicative, sperimentate e sviluppate in Italia, in conseguenza delle particolari caratteristiche strutturali, tradizionali e di finitura dell'edilizia nel nostro Paese, hanno favorito lo sviluppo e l'adozione delle lastre alveolari nei più svariati ambiti.

La grande versatilità ha allargato il loro impiego: come solai anche nelle costruzioni sotterranee, ove è di primaria importanza la monoliticità dell'insieme strutturale, e poi come pareti di contenimento, di sostegno, di tamponamento e infine portanti in edifici civili ed industriali di qualsiasi altezza.

## Le doppie lastre

di Franco Maffezzoni

La parete a doppia lastra. Definizione di un elemento costruttivo

La parete a doppia lastra è un prodotto prefabbricato, costituito da due lastre di calcestruzzo armato, tra loro parallele, realizzate in stabilimento, di 5 cm di spessore e poste ad una distanza variabile tra 20 e 40 cm (in alcuni casi è possibile ottenere anche le misure 18 cm e 60 cm) l'una dall'altra, collegate da tralicci in acciaio; in esse è già incorporata tutta l'armatura necessaria a garantire la stabilità del muro.

In cantiere, una volta posata e stabilizzata la doppia lastra, l'intercapedine libera tra le due lastre viene riempita con un getto di calcestruzzo di completamento il quale realizza, a getto indurito, una parete in calcestruzzo armato monolitica. La parete a doppia lastra si propone come un elemento costruttivo che porta con sé i vantaggi delle costruzioni prefabbricate, quali velocità di montaggio, praticità e semplicità, congiuntamente alla flessibilità di un muro in calcestruzzo armato gettato in opera. L'elemento base, come già accennato, è costituito da due pannelli di uguali dimensioni, accoppiati mediante tralicci in acciaio; tuttavia, la doppia lastra si adatta ad ogni esigenza costruttiva, sia grazie alla vasta gamma di dimensioni disponibili sul mercato, sia per il fatto che, a seguito di semplici varianti, è possibile ottenere diversi prodotti che permettono la realizzazione dei più comuni particolari costruttivi. Inoltre, vengono prodotte anche pareti dotate di opportune aperture, allo scopo di poter realizzare finestre e porte, come eventualmente previsto a progetto. Oltre alle aperture si possono attrezzare le pareti in altri vari modi, ad esempio predisponendo isolamenti ad hoc o altre tipologie di inserti, ad esempio per la disposizione dell'impiantistica.

La doppia lastra è un prodotto prefabbricato relativamente recente, nato in Germania negli anni 1965/1970 con il preciso obiettivo di arrivare ad eliminare integralmente le casserature tradizionali di cantiere per la realizzazione di muri in cemento armato, per mezzo di elementi prefabbricati derivati dalla tecnologia produt-

tiva già in essere per le lastre predalles.

L'idea consiste nell'accoppiamento di due lastre predalles per mezzo di tralicci spaziali elettrosaldati, ovvero due superfici parallele in calcestruzzo distanziate in funzione dell'altezza del traliccio, da solidarizzare alla fondazione per mezzo di un getto in opera all'interno dell'intercapedine.

In Italia questa tecnologia approda in modo industriale agli inizi degli anni '80 e dopo alcuni sviluppi ed adattamenti si è arrivati alla realizzazione delle due lastre prefabbricate, realizzate con due distinti getti, con dispositivo ribaltatore che accoppia la prima facciata già stagionata alla seconda ancora fresca. La messa a punto del sistema di pareti a doppia lastra è stato dunque il frutto dell'evoluzione di un altro prodotto prefabbricato largamente diffuso in Italia ed in tutta Europa. Per i produttori di solai, ben consapevoli degli intrinseci vantaggi delle strutture prefabbricate, è stato relativamente semplice recepire e sviluppare l'idea di produrre la parete a doppia lastra per applicare la filosofia ispiratrice dei solai per produrre elementi verticali come i muri in c.a.. Dalle prime idee alle prime realizzazioni il passo è stato breve: dalle prime produzioni semi-automatizzate si è passati alla messa a punto di sistemi produttivi via via più evoluti ed altamente industrializzati.

Dalle prime realizzazioni in Italia ad oggi lo sviluppo della doppia lastra e la sua diffusione sono in continua ascesa. Il successo è direttamente legato alla intrinseca qualità superiore di tale manufatto rispetto ai tradizionali muri in c.a. realizzati in opera e soprattutto per i notevoli vantaggi in termini di cantierizzazione che le imprese apprezzano sempre di più, una volta che lo hanno provato.

Anche in Italia sono ormai oltre dieci anni che vengono prodotti e commercializzati tali manufatti.

Il prodotto ha raggiunto livelli qualitativi e prestazionali elevatissimi; anche i processi produttivi hanno raggiunto uno sviluppo considerevole avendo integrato completamente con evoluti sistemi di CAD/CAM la progettazione, la produzione e tutta la parte di logistica. Occorre sottolineare che relativamente agli impianti di produzione in Italia ci sono alcuni dei più moderni ed efficienti impianti produttivi di tutta Eu-

ropa. Questo può essere, a buona ragione, motivo di orgoglio per la nostra industria della prefabbricazione e della produzione di tecnologie di processo. Infatti alcuni dei più importanti produttori di impianti di produzione di doppie lastre sono italiani e la loro tecnologia la si può trovare installata presso i maggiori produttori di tutta Europa. Gli ulteriori sviluppi di tale versatile prodotto, e che alcuni produttori nazionali già hanno adottato, sarà nel senso di produrre elementi di parete prefabbricata già completi di gran parte della parte impiantistica (elettrica, idrica e termica), delle porte e/o finestre, e raggiungere dimensioni sempre maggiori per accelerare ai massimi livelli la velocità di realizzazione in cantiere.

Le doppie lastre possono essere progettate e realizzate con dimensioni, caratteristiche e livelli di finitura adatti a tutte le esigenze. Nel seguito vengono elencate alcune delle più ricorrenti applicazioni della doppia lastra, anche se l'eccezionale flessibilità ne consente i più svariati impieghi.

Aree di comune impiego:

- costruzioni civili: muri portanti, pareti di scantinati e garages, ecc.;
- costruzioni industriali e commerciali: tamponamento capannoni, pareti divisorie, setti portanti ecc.;
- costruzioni sotterranee: tunnel, canali;
- muri tagliafuoco;
- muri di sostegno terreno;
- muri di recinzione;
- strutture scatolari;

- vasche anche a contatto con agenti aggressivi.

Sempre grazie alla sua ampia versatilità, la doppia lastra permette la realizzazione di numerosi altri prodotti cosiddetti "speciali", o meglio, aventi caratteristiche, dimensioni e forme differenti dai comuni elementi in produzione standardizzata. Innanzitutto, è possibile produrre pareti a scarpa, ovvero avente una delle due lastre inclinate rispetto all'altra, utile per la realizzazione di opere di sostegno, ad esempio nel campo dei trasporti. È possibile, inoltre, realizzare pareti con lastre inclinate, ma questa volta parallele, al fine di prevenire eventuali sensazioni psico-ottiche di ribaltamento della stessa. Inoltre è possibile realizzare pareti con spessori ben superiori ai 40 cm standard: in alcuni casi sono state prodotte pareti di 1 m di spessore; in tale circostanza le lastre non sono più armate con i comuni tralicci elettrosaldati, ma da grandi staffe di forma idonea. L'applicazione ottimale del prodotto doppia lastra viene ottenuta quando il Progetto Esecutivo nasce con logica modulare sulla base delle due misure commerciali standard:

- modulo da 120 cm;
- modulo da 250/300 cm.

È comunque possibile prevedere la realizzazione di moduli di dimensioni maggiori, ponendo una certa attenzione alla fase di trasporto e disponendo di adeguati mezzi di sollevamento in cantiere. Per quanto riguarda le altezze i limiti sono per lo più legati alla movimentazione e al trasporto. In linea generale possono essere prodotti elementi alti fino a 13.50 m.

