

LE ARMATURE INDUSTRIALIZZATE PER LA REALIZZAZIONE DEI SOLAI A PIASTRA: IL SISTEMA “TUNNEL MODIFICATO”

SOMMARIO

Con il progredire delle tecniche costruttive cambiano di pari passo le impostazioni progettuali e i sistemi costruttivi, in gran parte abbandonati e progressivamente sostituiti dalla prefabbricazione fuori opera, tornano alla ribalta con sempre maggior frequenza. E' ben noto che la progettazione e la costruzione di solai, travi e pilastri realizzati completamente in opera non è pratica diffusa nel nostro Paese; comunemente a questa attività costruttiva si associa infatti l'idea di bassa velocità di realizzazione e di costi elevati principalmente dovuti all'alta incidenza della manodopera per la formazione del piano continuo e per la difficoltà di posa delle armature metalliche di rinforzo.

SUMMARY

The object of this report are mainly transformations and consequences of industrialized processing techniques produced by new technology of metal carpet reinforcement. This technology, that uses prepacked roll reinforcement, is in effect an innovative and particularly economic method to project, realize and set, optimizing, reinforcement of plain or lightened concreted plate floors and foundations, reducing considerably the time to build and to assure at the same time making simplicity and quality of the structural product.



FIGURA 1.

1. PREMESSA

1.1 Sistemi costruttivi realizzati completamente in opera

L'innovazione tecnologica, inizialmente dovuta alla presenza sul mercato di sistemi di casseforme evoluti ed innovativi, che già da tempo avevano superato i concetti tipici della tradizionale attrezzatura provvisoria, ha trovato solo ora, con le prime apparizioni in cantiere delle **armature preassemblate a tappeto** (rotoli) (fig.1-fig.2), il vero impulso motore che garantirà a breve la rinascita dei sistemi progettuali – costruttivi delle costruzioni realizzate completamente in opera.

2. L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA IN CANTIERE

2.1 Le casseforme per i solai.

Il solaio in opera, a getto pieno o con l'interposizione di alleggerimenti (fig.3), in particolare se abbinato a soluzioni statiche con portanza bidirezionale e con conseguente eliminazione delle travi, presenta già adesso, realizzandolo senza l'ausilio di adeguata industrializzazione della posa delle armature metalliche, vantaggi tecnici ed economici. Ne sono prova le sempre più frequenti importanti realizzazioni che, negli ultimi anni in Italia, hanno visto crescere questa tipologia costruttiva.

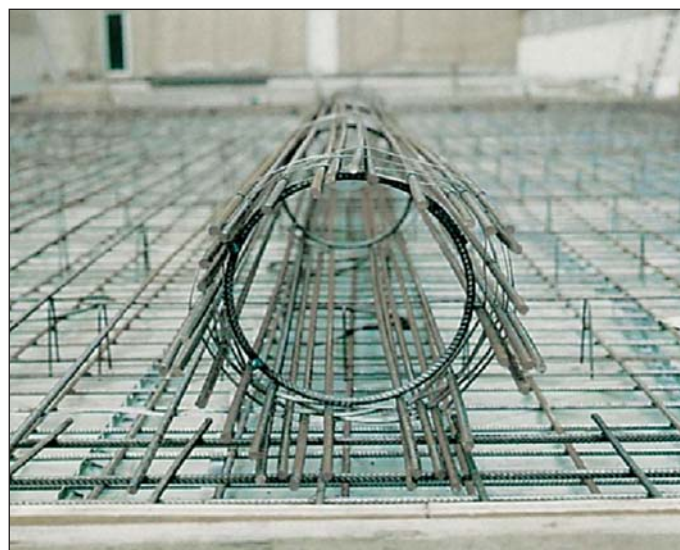


FIGURA 2.



FIGURA 3.

Di sicuro il fattore che fino ad ora ha maggiormente contribuito a rafforzare questa tendenza è stata la disponibilità sul mercato di sistemi di casseforme evoluti ed innovativi. In generale si tratta di sistemi modulari leggeri (fig. 4) in alluminio movimentabili manualmente senza l'ausilio del mezzo di sollevamento. L'assemblaggio avviene sempre con estrema facilità anche a notevole altezza di intradosso, senza necessità di chiodature, fissaggi o tracciamenti attraverso una sequenza di fasi di montaggio razionali, ripetitive e soprattutto eseguite sempre in condizioni di **massima sicurezza** per le maestranze.

La sommità dei puntelli (fig. 5) presenta generalmente il dispositivo meccanico della **"testa a caduta"** che permette, anche dopo un solo giorno di maturazione del getto, la rimozione di pannelli e travi attivando il contatto diretto tra testa del puntello e intradosso del solaio appena gettato. Con il disarmo anticipato, dove la stabilità transitoria è affidata alla permanenza dei soli puntelli, è possibile utilizzare subito l'attrezzatura che viene recuperata per una successiva fase di lavorazione, riducendo quindi nettamente l'incidenza di costo del cassero. In questa operazione si capisce bene come sia importante il fattore tempo dal punto di vista dei costi di realizzazione e già questa possibilità di recupero anticipato abbinata a generali basse incidenze di manodopera per movimentazione,



FIGURA 4.



FIGURA 5.

Tabella a

Messa in opera, zone di compensazione ridotte	0.065 / 0.075 h/mq
Messa in opera e disarmo altezza vano fino a 3.30 m.	0.14 / 0.25 h/mq
Messa in opera e disarmo altezza vano 3.80 m	0.25 / 0.30 h/mq

zione, messa in opera e pulizia del cassero comporta sicuri vantaggi economici.

La stima statistica, fornita dalle migliori case del settore delle casseforme, dell'incidenza complessiva della manodopera per l'impiego delle casseforme per solai di altezza comune è mediamente compresa tra 0,15 e 0,30 h uomo / m². (**vedi Tabella a**)

E' importante notare comunque che **qualunque sistema di casseratura**, seppur evoluto, comporta il massimo dispendio di manodopera nella **fase della compensazione** nelle zone vicino agli appoggi perimetrali, ai vani scala, ai pilastri, ai capitelli, etc.; solai con zone di compensazione ridotta consentono infatti produttività quattro, cinque volte superiori. Dato quindi che in generale i sistemi di cassero presenti sul mercato oggi tendono qualitativamente ad equivalersi, il fattore decisivo per la scelta della casa fornitrice è sicuramente quello della **"semplicità della compensazione"** intorno ai punti singolari dell'impalcato da realizzare.

2.2 Le armature industrializzate a tappeto.

Le operazioni necessarie per completare il ciclo produttivo di una struttura da costruire in opera sono fondamentalmente le seguenti:

- a) realizzazione delle strutture verticali (pilastri e pareti) mediante casseratura recuperabile e non recuperabile, armatura (passante e non passante) e getto;
- b) posizionamento delle casserature orizzontali in avanzamento secondo le fasi prestabilite dal programma lavori e con le produttività descritte al paragrafo precedente;
- c) posizionamento delle armature metalliche nelle due direzioni principali, sia superiori che inferiori, opportunamente distanziate tra loro con traliccio metallico e dal cassero con distanziatore in fibrocemento a garantire la resistenza al fuoco richiesta al manufatto. La produttività di questa operazione di

fondamentale importanza per la riuscita “economica” dell’intero ciclo costruttivo, è in generale di difficile valutazione e comunque di basso valore se vengono utilizzate le tecnologie di posa tradizionali. A consuntivo questa operazione purtroppo è sempre risultata il vero “collo di bottiglia” di tutto il sistema.

d) Esecuzione del getto del calcestruzzo, quasi sempre preconfezionato, con l’ausilio costante di autobetoniera e pompa.

Il ciclo produttivo è quindi composto da queste quattro operazioni costruttive, **ciascuna posta rigidamente in serie con l’altra**, ed un solo anello debole di questa catena (in generale il punto **c**) può vanificare le potenzialità dell’intero sistema scoraggiandone l’utilizzo. **(vedi Tabella b)**

Poichè i margini di miglioramento che ci possiamo in futuro aspettare dalle operazioni **a), b) e d)** sono veramente esigui in termini di tecnologia (anche se, senza dubbio, per la fase **b**) il fiorire sul mercato di cassetture con prestazioni sempre più simili tra loro risulterà favorevole in termini di abbattimento dei costi di acquisto o di affitto) la vera novità tecnico – ingegneristica di rilievo da segnalare sembra essere quella relativa all’operazione **c)** che con l’arrivo sul mercato delle **armature preassemblate in rotoli** (fig. 6) consente un vero salto qualitativo a tutto il processo costruttivo delle strutture realizzate in opera permettendo un’organizzazione diversa del ciclo produttivo con fasi poste **principalmente in parallelo**. **(vedi Tabella c)**

Queste armature a tappeto, di recentissima produzione anche in Italia, sono costituite da una serie di barre d’acciaio poste in senso unidirezionale con diametro ed interasse definiti secondo la massima ottimizzazione derivante dal calcolo statico (fig.7); le barre di armatura sono collegate e mantenute nella posizione geometrica voluta mediante nastri di lamierino ad esse elettrosaldate.

Il risultato sono tappeti di armatura che, in sede di fabbricazione, vengono arrotolati facilitando le operazioni di trasporto e stoccaggio (fig. 10).

In particolare la posa in opera in cantiere risulta:

- **Semplificata**, dato che l’operazione da effettuare è sostanzialmente lo srotolamento dei “tappeti di armatura” senza dover passare attraverso la fase del posizionamento manuale di ogni singola barra (fig.8). Con il sistema tradizionale infatti è necessario fare distinzione tra le barre con diametri diversi, posizzarle con i passi prescritti dai disegni di progetto e collegarle tra loro con legatura manuale.

- **Velocizzata**, perchè con i rotoli di armatura industrializzata (fig.11) le armature vengono posizionate e tagliate come da progetto statico in stabilimento e secondo la geometria del solaio o della platea. Il lavoro di completamento manuale in cantiere è in generale ridotto al minimo indispensabile.

Il tappeto comprende già la geometria dei cavetti impiantistici e di tutte le maggiori asolature del solaio, comprendendo al suo interno anche le armature di rinforzo indotte dall’analisi strutturale. (fig. 10)

- **Ottimizzata**, perchè le armature presenti nel tappeto sono esattamente quelle strettamente necessarie (fig.7) e direttamente corrispondenti alle necessità statiche dell’elemento di solaio o platea in calcestruzzo. Posizionare manualmente tali armature (vedi fig.8) comporterebbe un grande dispendio di energia in termini di tempistica di posa e di lavorazione del ferro. Secondo le esperienze maturate si può assegnare al sistema della posa delle armature a rotolo (fig.11) una **produttività media 5/6 volte maggiore** di quella tradizionale che generalmente per le tipologie correnti conduce a valori pari a 80 – 100 Kg/ h uomo di ferro posato.

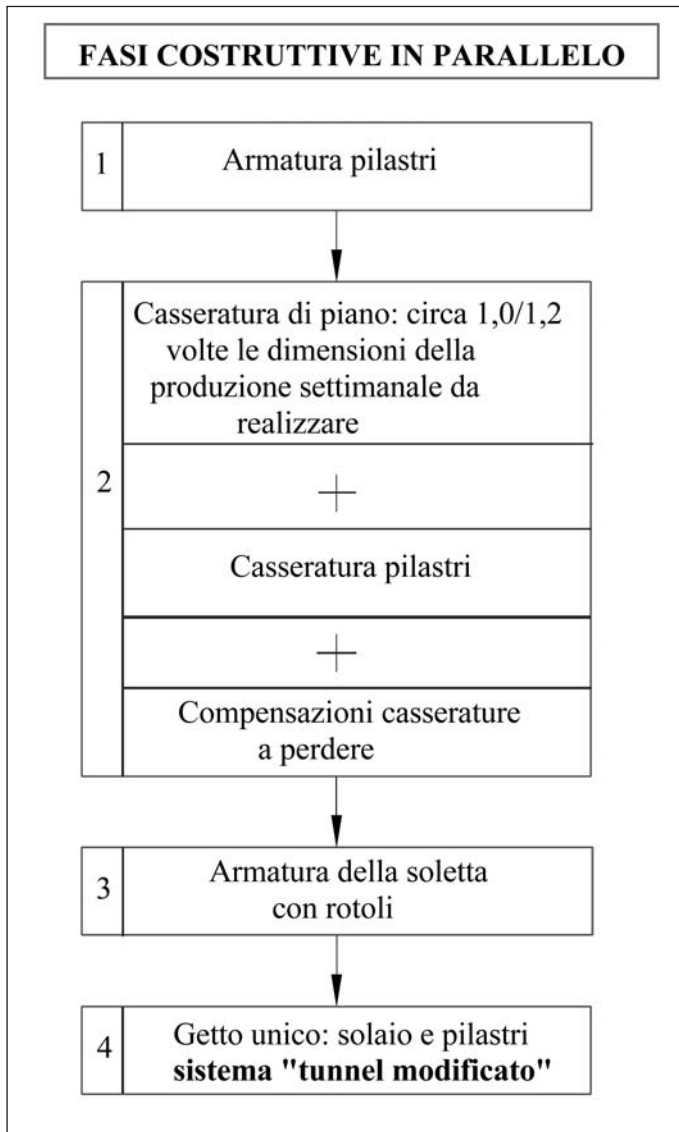
Tabella b - Armature tradizionali

ARMATURA TRADIZIONALE	ARMATURA CON ROTOLI
↓	↓
FASI LAVORATIVE IN SERIE	FASI LAVORATIVE IN PARALLELO

FASI COSTRUTTIVE IN SERIE



Tabella c - Armatura in rotoli



3. I VANTAGGI DELLA NUOVA TECNICA PER LA COSTRUZIONE DEI SOLAI IN OPERA

3.1 Cassero e tappeto nel ciclo produttivo

Per il futuro la vitalità del mercato delle costruzioni in calcestruzzo armato, prefabbricato o gettato in opera, non appare in discussione. Non esistono infatti a questo alternative valide ed è quindi verosimile che l'utilizzo sia destinato a salire, anche di molto, tenuto conto della necessità cronica di servizi e infrastrutture tipica delle nostre città.

Con la crescita delle costruzioni in calcestruzzo contemporaneamente avanza di pari passo la necessità di tecnologie costruttive che gestiscano e garantiscano il progresso generale dei seguenti fattori:

- la semplicità di realizzazione;
- la sicurezza delle lavorazioni;
- la velocità di esecuzione;
- la qualità del prodotto finito;
- la economicità generale del processo.

La recente tecnologia che utilizza le armature preassemblate in rotoli costituisce un metodo innovativo e particolarmente economico di **progettare, produrre e posare**, ottimizzando-

le, le armature dei solai a piastra e delle platee di fondazione riducendo notevolmente i tempi di costruzione garantendo al tempo stesso semplicità costruttiva e qualità del prodotto strutturale in c.a.

Il contributo fornito dal nostro studio di ingegneria per lo sviluppo, tuttora in corso, della tecnologia applicata ai cantieri di



FIGURA 6.

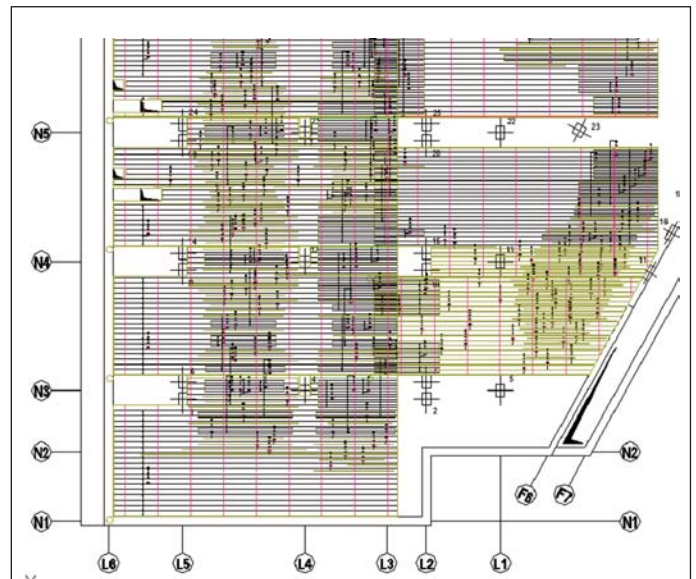


FIGURA 7.



FIGURA 8.



FIGURA 9.

edilizia industrializzata in opera consiste principalmente nel tentativo di trasformazione di questa innovativa tecnologia di assemblaggio delle armature metalliche in **un vero e proprio sistema progettuale – costruttivo** teso a migliorare l'organizzazione generale e la produzione del lavoro in cantiere. Secondo l'esperienza maturata, l'innovazione principale che ci sentiamo di mettere in evidenza consiste in pratica nella possibilità di trasformare il sistema produttivo da una lavorazione in **“rigida serie”**, come descritta al paragrafo 2.2, ad una **“prevalentemente in parallelo”**. Intuendo la possibilità di trasformazione del ciclo produttivo in questa direzione **per-messa dall'abbinamento della tecnologia delle armature a tappeto con quella dei casseri industrializzati** per il getto delle strutture in opera, abbiamo deciso di testare il “sistema” nei propri aspetti innovativi direttamente sui principali cantieri interessati da nostre progettazioni strutturali nel periodo 2002/2004 (tabella d).

I risultati ottenuti dalle imprese costruttrici nella realizzazione delle strutture di diverse categorie di edifici (centri commerciali, parcheggi interrati, edifici residenziali e per servizi, etc.) sono stati rilevanti sia per la qualità costruttiva ottenuta sia per l'ottimo riscontro in termini di tempistica realizzativa e risultato economico finale.

3.2 Dalla lavorazione in serie a quella in parallelo: il sistema “TUNNEL MODIFICATO”

Con la proficua sperimentazione eseguita la trasformazione e l'ottimizzazione della produzione delle opere in c.a. da realizzare in opera può ora in effetti contare sulla **“forza del sistema”** nel suo complesso, intendendo per **“sistema”** l'insieme di quegli accorgimenti che concorrono a rendere la costruzione **semplice, sicura, veloce da realizzare, economica e di alta qualità**.

Con l'avvento delle armature a tappeto e con la quotidianità del loro utilizzo è stato notato che il dispendio di manodopera necessario per la posa delle armature in rotoli è assolutamente **indipendente** dal peso delle barre movimentate; in realtà la produttività risulta esclusivamente legata al tempo (mediamente valutabile in circa 5-10 minuti) necessario all'operatore del mezzo di sollevamento per agganciare e posizionare il rotolo esattamente sulla superficie dove deve essere steso ed utilizzato.

Assumendo questo importante dato come elemento condi-



FIGURA 10.



FIGURA 11.

zionante la velocità dell'intero ciclo produttivo è adesso possibile “ripensare” l'impostazione fino ad oggi assegnata al cantiere per ottimizzarne la produzione.

Per esemplificare i vantaggi immediati permessi dall'utilizzo del ferro in rotoli riportiamo i dati medi rilevati dal nostro studio nell'osservazione diretta di 20 lavori principalmente svolti in Toscana con tale tecnologia di posa nel periodo 2002-2004 (tabella e). Viene messa a confronto la tempistica ed il dispendio di manodopera necessario per l'esecuzione di uno stesso lavoro di edilizia industrializzata nelle due diverse ipotesi.

I netti miglioramenti riscontrati sono percentualmente notevoli e sono tanti e tali da provocare un vero e proprio sconvolgimento della problematica della posa.

A conferma dei dati medi della tabella e riportiamo quanto rilevato il 27 gennaio 2004 nel cantiere esposto in tabella g ed anche documentato in un lavoro di tesi di primo livello di due studenti della facoltà di Ingegneria di Firenze.

La costante produttività riscontrata con l'utilizzo delle armature a tappeto consente di ovviare in modo intelligente al solito **“collo di bottiglia”** tipico della posa manuale tradizionale. Precedentemente si cercava di correggere questa anomalia agendo principalmente sui due fattori seguenti: **quantitativo di cassetteria** a disposizione e **numero di personale** addetto alla posa. Era ovvio infatti pensare che creando molte zone cassetterate a **“valle”** del solaio di cui veniva programma-

ta a breve la realizzazione (quindi in serie al solaio da realizzare) e predisponendo tanto spazio utile da consegnare a quanti più ferraioli potessero essere presenti sulla superficie (perchè potessero impostare la loro posa in una serie continua) il problema della pur bassa produttività di questa ultima fase sembrava non avesse, almeno in teoria, grandi ripercussioni sulla velocità realizzativa finale di tutto il sistema costruttivo.

Quanto sopra, però, aveva purtroppo serie ripercussioni su

altri fattori ed a conti fatti mandava generalmente al collasso il sistema per i seguenti motivi: quantitativi di cassetta di troppo eccedenti la produzione settimanale prevista conduceva a costi di affitto o di ammortamento troppo elevati specialmente per interventi di media e piccola grandezza (superfici inferiori a 8.000÷10.000 m²); il numero di ferraioli presenti sulla superficie non poteva comunque essere aumentato a dismisura ed al massimo, per l'intervento gestito dalla squadra tipo e da un unico mezzo di sollevamento, si potevano

Tabella d

	LAVORO	mq DI SOLAIO REALIZZATI
1	CENTRO COMMERCIALE E PARCHEGGIO FIUMICINO –ROMA-	74000
2	CENTRO COMMERCIALE + MULTISALA E PARCHEGGIO SAN BARTOLO -FIRENZE-	34000
3	EDIFICIO RESIDENZIALE NOVOLI –FIRENZE-	21000
4	PARCHEGGIO INTERRATO VIA BARACCA -FIRENZE-	6500
5	CENTRO COMMERCIALE LE PIAGGE -FIRENZE-	8100
6	EDIFICIO COMMERCIALE VALDARNO –FIRENZE-	3800
7	EDIFICIO RESIDENZIALE -LUCCA-	2600
8	CENTRO COMMERCIALE BUFALOTTA –ROMA- (in corso di esecuzione)	15330
9	CENTRO COMMERCIALE NOLA –NAPOLI- (in corso di esecuzione)	20000
10	EDIFICIO OSPEDALIERO SETTIMO T.SE –TORINO- (in corso di esecuzione)	18000
11	EDIFICIO COMMERCIALE –BOLZANO-	2900
12	CANTINA –MONTEPULCIANO-	4810
13	CENTRO SERVIZI –AREZZO-	4050
14	CENTRO COMMERCIALE CALENZANO -FIRENZE-	24000
15	RESIDENZA STUDENTESCA E PARCHEGGIO MULTIPIANO –FIRENZE-	31060
16	PARCHEGGIO INTERRATO PIAZZA BECCARIA –FIRENZE-	10000
17	PLATEA PER PARCHEGGIO INTERRATO PIAZZA Ghiberti –FIRENZE-	5250
18	PLATEA DI FONDAZIONE –FERMO-	10970
19	EDIFICIO COMMERCIALE EX Breda –PISTOIA-	9220
20	EDIFICIO COMMERCIALE -AREZZO-	4970
TOTALE ARMATURA A TAPPETO MOVIMENTATA (CIRCA) 8000 t		TOTALE mq 310560

Tabella e

POSA DEL FERRO TRADIZIONALE (valori medi lavori anteriori al 2002)		POSA DEL FERRO CON ROTOLI (valori medi lavori tab.d)	
SOLETTA DA REALIZZARE	1000 mq	SOLETTA DA REALIZZARE	1000 mq
QUANTITATIVO DI ARMATURA 1000 x 30 Kg/mq	30000 Kg	QUANTITATIVO DI ARMATURA (ridotta a seguito dell'ottimizzazione) 1000 x 30 x 0,75	22500 Kg
PRODUTTIVITA MEDIA ORARIA	100 Kg/h	PRODUTTIVITA MEDIA ORARIA	500 Kg/h
N° DI ORE LAVORATIVE NECESSARIE	300 h	N° DI ORE LAVORATIVE NECESSARIE	45 h
MASSIMO N° DI FERRAIOLI SERVITI DAL MEZZO DI SOLLEVAMENTO	8	PERSONALE UTILIZZATO	5
GIORNI LAVORATIVI	4/5	GIORNI LAVORATIVI	1/2

Tabella f

REALIZZAZIONE DI TUTTE LE STRUTTURE VERTICALI ED ORIZZONTALI DI UN IMPALCATO DI 1000mq			
LAVORAZIONE IN SERIE		LAVORAZIONE IN PARALLELO	
N° DI GIORNI A DISPOSIZIONE PER IL COMPLETAMENTO DEL CICLO PRODUTTIVO	5	N° DI GIORNI A DISPOSIZIONE PER IL COMPLETAMENTO DEL CICLO PRODUTTIVO	5
CASSERATURA PER LA REALIZZAZIONE DELLE STRUTTURE VERTICALI (PARETI E PILASTRI): DEL TIPO ORDINARIO INDUSTRIALIZZATO RECUPERABILE.		CASSERATURA PER LA REALIZZAZIONE DELLE STRUTTURE VERTICALI (PARETI E PILASTRI): DEL TIPO ORDINARIO E SPECIALE INDUSTRIALIZZATO NON RECUPERABILE	
N° DI ADDETTI ALLE CASSERATURE VERTICALI	4/6	N° DI ADDETTI ALLE CASSERATURE VERTICALI	3/5
CASSERATURE ORIZZONTALI A DISPOSIZIONE	1500/1800 MQ	CASSERATURE ORIZZONTALI A DISPOSIZIONE	1000 mq
N° DI ADDETTI AI CASSERI ORIZZONTALI E ALLE COMPENSAZIONI	6/8	N° DI ADDETTI AI CASSERI ORIZZONTALI E ALLE COMPENSAZIONI (DATE LE COMPENSAZIONI RIDOTTE)	4/6
N° DI ADDETTI ALLA POSA DEL FERRO MANUALE PER I SOLAI	8	N° DI ADDETTI ALLA POSA DEL FERRO MEDIANTE ROTOLI	5
N.B. NON È STATO PRESO IN ESAME IL PERSONALE NECESSARIO PER LA POSA DELLE ARMATURE VERTICALI IN REALTÀ SIMILE PER I DUE SISTEMI.			

Tabella g

FASE 5 – IMPALCATO PIANO TERRA CANTIERE AREA EX ARTIERI DEL LEGNO A FIRENZE

SUPERFICIE FASE 5 IN ESAME	1390 MQ
QUANTITIVO DI ARMATURA (TAPPETO + COMPLETAMENTI +PUNZONAMENTI)	41700 KG
N° DI OPERAI PRESENTI	8
GIORNI UTILI	1 (MARTEDI 27 GENNAIO 2004)
PRODUTTIVITA' 41700/(8X10 H UOMO)	521 KG / H UOMO

ipotizzare 8-10 persone. Comunque un numero così elevato di ferraioli risultava sempre di difficile gestione sia economica che qualitativa.

Adesso, preso atto dei nuovi scenari che si vengono ad aprire, finalmente è possibile indirizzare le operazioni di costruzione verso un'organizzazione del ciclo produttivo con fasi gestite **principalmente in parallelo**.

Per gestione delle fasi in parallelo intendiamo la possibilità di rendere contemporanee più lavorazioni che tradizionalmente debbono essere distinte in fasi costruttive.

In tabella f vengono esposte, a titolo esemplificativo, le diffe-



FIGURA 13A (sopra).
FIGURA 13B (a fianco).



FIGURA 12.

renze sostanziali fra i due sistemi industrializzati (serie o parallelo) :

- Nel primo caso, della lavorazione industrializzata tradizionale **in serie**, per il completamento del lavoro sono necessarie mediamente:

- Per posa ferro tradizionale 300 h
- Per cassero orizzontale $0,30 * 1000 = 300$ h
- Per strutture verticali $5(\text{op.}) * 8(\text{h}) * 5 (\text{gg}) = 200$ h

Per un totale di 800 h ed una dotazione di casseri pari a 1500-1800 m²;



FIGURA 14.



FIGURA 17.



FIGURA 18.



FIGURA 15.

- Nel secondo caso, delle lavorazioni principalmente **in parallelo**, per il completamento del lavoro sono necessarie mediamente:

- Per posa ferro in rotoli 45 h
- Per cassero orizzontale $0,15 * 1000 = 150$ h
- Per strutture verticali $4(\text{operai}) * 8(\text{h}) * 5(\text{gg}) = 160\text{h}$

Per un totale di 355 h ed una dotazione di casseri pari a 1000 m².

E' immediata e si commenta da sola la differenza di produttività fra i due sistemi non solo in relazione alle ore lavorative complessive ma anche riguardo al quantitativo di cassetteria necessaria. Il sistema che consente questo tipo di produzione è quindi altamente interessante e per la sua messa a punto abbiamo preso come riferimento "**storico**" l'esperienza che ci deriva dalla tecnologia delle "**casseforme a tunnel**". Abbiamo cercato di operare tutte quelle modifiche che potevano restituire flessibilità al sistema mantenendone i pregi principali dell'organizzazione e della programmazione ordinata del lavoro. Essendo il sistema ancora in fase di messa a punto, per ora provvisoriamente lo identifichiamo con il nome di "**sistema tunnel modificato**".



FIGURA 16.

3.3 Gli accorgimenti tecnici

I vantaggi apportati dall'utilizzo delle armature in rotoli e dalle moderne tecnologie costruttive in opera possono essere raggiunti anche e soprattutto grazie all'utilizzo di una serie di importanti accorgimenti tecnici.

Di questi i principali adottati per i lavori descritti in tabella di seguito sono i seguenti:

- **Casseratura "monouso" per pilastri** (fig.12): speciali casseri con negativo in polistirolo e involucro esterno in cartone che possono essere facilmente trasportati e movimentati grazie alla loro caratteristica leggerezza. Vengono calati dall'alto attraverso un'apposita fessura nella cassetteria di piano, una volta posizionata l'armatura del pilastro.

- **Casseri a perdere per la compensazione dell'impalcato di piano in corrispondenza del pilastro** (fig.13): lastre tipo "Predalles", con un foro predisposto a garantire la continuità tra solaio e pilastro, che vengono semplicemente appoggiate sull'impalcato di piano.

- **Casseri a perdere in posizione perimetrale per la compensazione dell'impalcato di piano nel caso di solai di forma irregolare** (fig.14): lastre tipo "Predalles" rettangolari o sagomate in corrispondenza degli spigoli etc.

- **Armature doppia-faccia per setti** (fig.15): armature costituite da due reti elettrosaldate, con passo della maglia e diametro dei ferri variabili, che si distanziano automaticamente in fase di sollevamento.

- **Casseforme prefabbricate per setti** (fig.16): casseforme che consentono di realizzare in un unico getto setti di 8-10 m.

- **Finitura in laterizio all'intradosso del solaio** (fig.17): tavole in laterizio, sistemate direttamente sulla cassetteria di piano prima delle consuete operazioni di armatura e getto, che evitano servitù impiantistiche, migliorano l'isolamento acustico e garantiscono un ottimo supporto per la finitura di intradosso.

- **Armatura a punzonamento in corrispondenza dei pilastri mediante chiodi Nelson** (fig.18): chiodi già predisposti su supporto rigido che vengono sistemati intorno al pilastro in posizione verticale dopo la posa dell'armatura del solaio.

- **Boccole di ripresa** (fig.19): madreviti che rendono possibile il collegamento tra le armature verticali dopo la messa in opera di quelle orizzontali (per i soli pilastri di controvento della cassetteria).

- **Collegamenti preconfezionati tipo STABOX** (fig.20): staffe di collegamento tra setto e solaio già predisposte per la posa perché collegate ad un supporto da porre a contatto con il cassero. Le staffe sono chiuse all'interno del supporto e verranno piegate a formare collegamenti per la futura soletta solamente dopo il disarmo.

- **Elementi di alleggerimento** (fig.21): elementi cavi in plastica di forma cubica da porre all'interno del solaio tra l'armatura inferiore e quella superiore al fine di alleggerire la struttura.

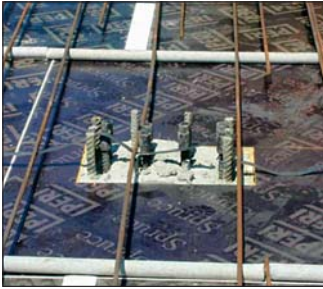


FIGURA 19.



FIGURA 20a.



FIGURA 20b.



FIGURA 21.

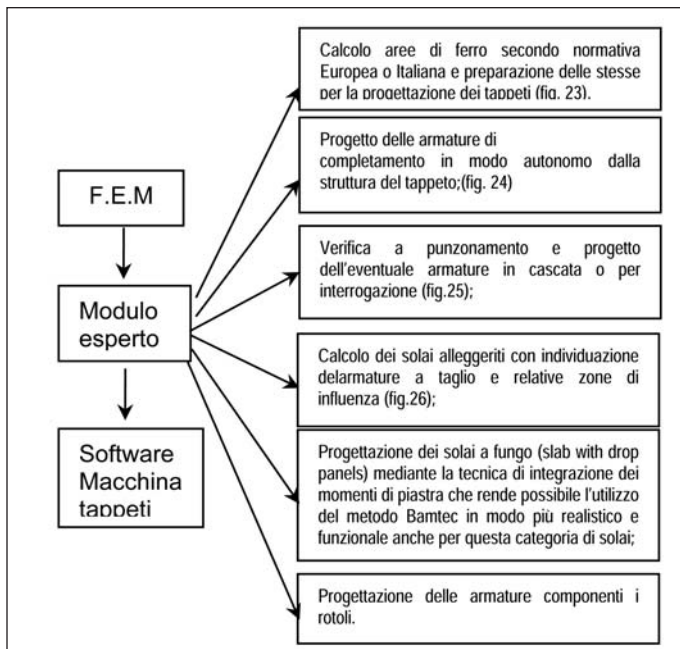
3.4 Il Software di ausilio al sistema

Il progetto delle soluzioni strutturali in opera non è mai dissociabile da un'attenta previsione della tecnica costruttiva da utilizzare che deve quindi essere ben conosciuta dal progettista strutturale dell'intervento. Tale conoscenza risulta decisiva per il conseguimento dei risultati previsti e deve essere convenientemente assistita da sistemi software appositamente finalizzati alle soluzioni delle problematiche descritte ai capitoli precedenti.

Solo così il professionista può avvicinarsi alla progettazione strutturale in opera con la certezza di poter prescrivere un sistema costruttivo in grado di produrre, in molti casi, vantaggi economici all'Impresa che eseguirà i lavori e alla Committenza, oltre che realizzare manufatti di elevate prestazioni statiche, funzionali e architettoniche.

Il nostro ufficio tecnico, conscio dell'importanza di utilizzare sistemi software sempre più specializzati nella soluzione delle problematiche connesse con l'evoluzione del sistema costruttivo descritto, ha fatto sviluppare un proprio sistema software in grado di elaborare e ottimizzare i risultati, ottenuti mediante un'analisi F.E.M. (fig 22), finalizzati alla preparazione dei dati necessari per la progettazione dei tappeti e per una rapida produzione degli elaborati esecutivi complementari (armature di completamento, armatura a taglio, studio dei solai alleggeriti, studi delle fasi costruttive di avanzamento, etc.) Quanto sopra è meglio descritto nella tabella h sotto riportata.

Tabella h - Armatura in rotoli



4. CONCLUSIONI

Quasi sempre ciò che risulta semplice e di facile utilizzo è la sintesi di un lungo processo di maturazione di fattori complessi e a volte fra loro contraddittori.

Anche il nostro caso non fa eccezione a questa regola generale e può affermarsi che con la soluzione del problema della posa delle armature si è avviata verso un soddisfacente compimento il sistema della industrializzazione edilizia in cantiere.

Inizialmente con le casserature di nuova generazione era

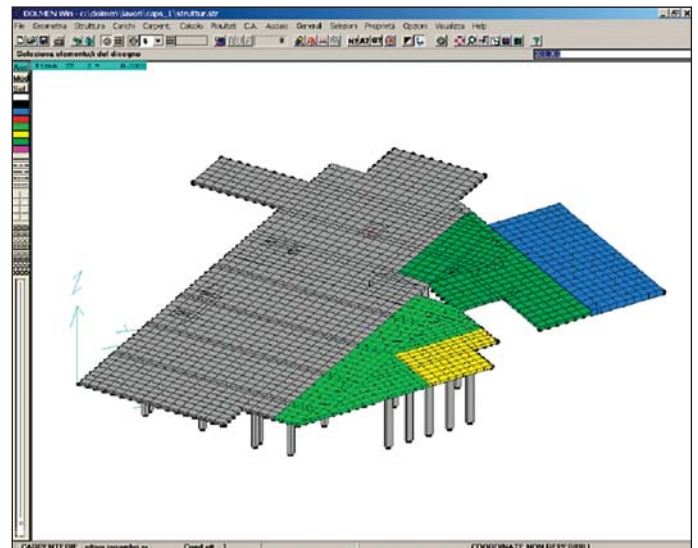


FIGURA 22.

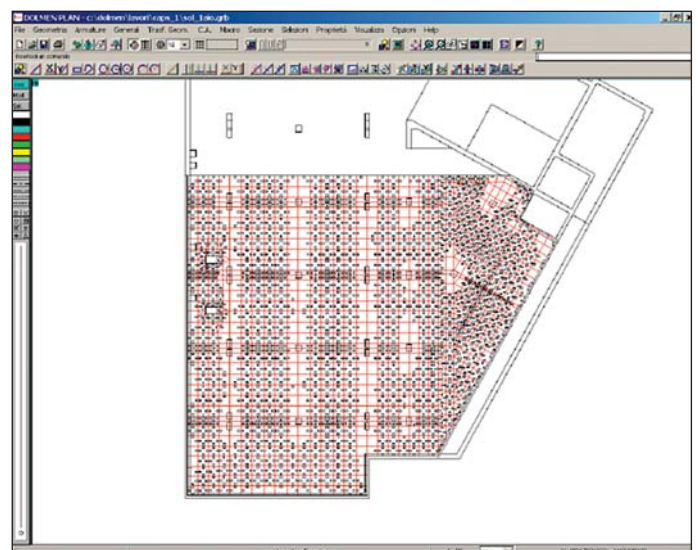


FIGURA 23.

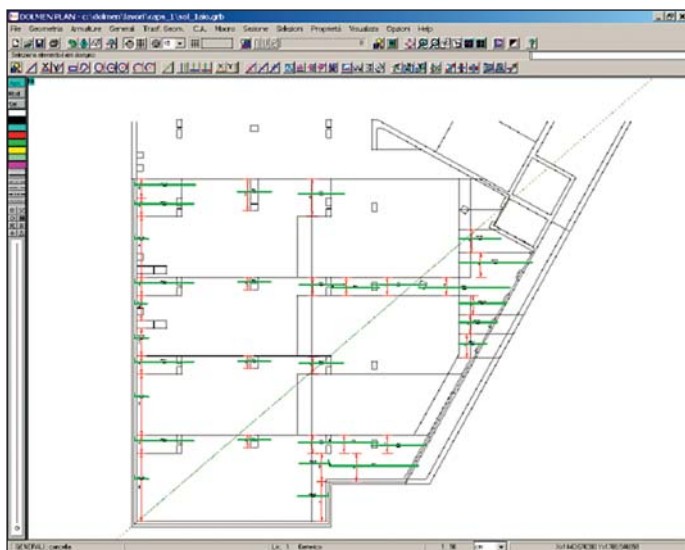


FIGURA 24.

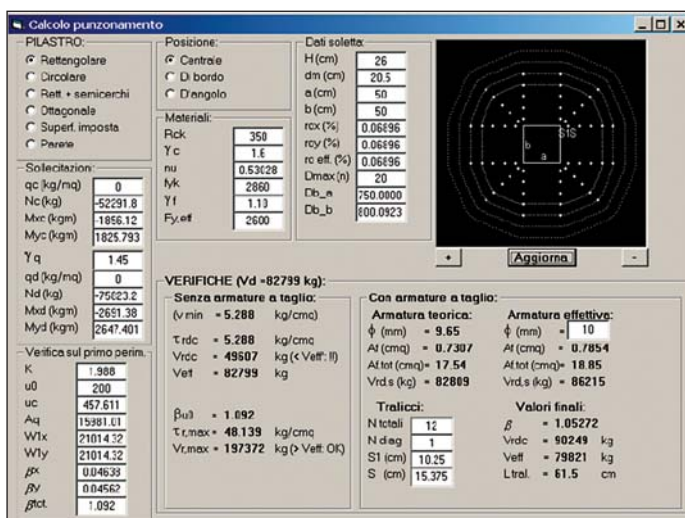


FIGURA 25.

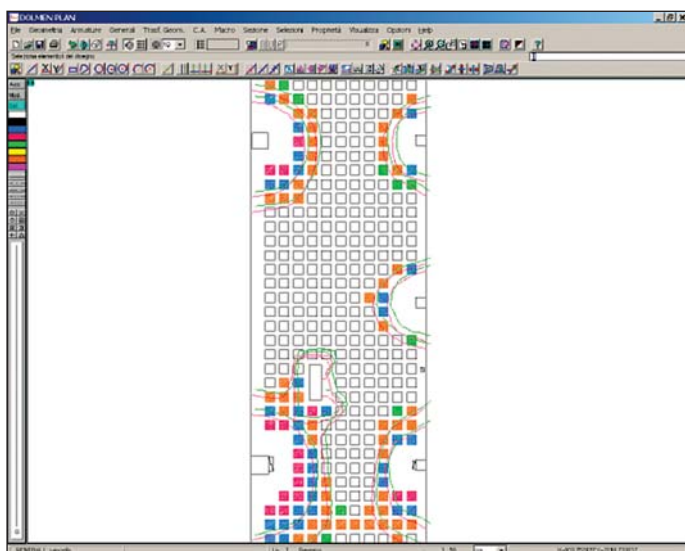


FIGURA 26.

stata risolta la costruzione delle strutture verticali e orizzontali di qualsiasi genere; con l'utilizzo sempre più massiccio del calcestruzzo preconfezionato e con la sua distribuzione con pompa in ogni angolo del cantiere non ci sono stati più

limiti ai quantitativi e alle qualità disponibili; per le armature metalliche fino ad oggi invece l'unica soluzione disponibile era la distribuzione in fasci prelaborati ed una posa la cui velocità (ma non qualità) veniva basata esclusivamente sul numero delle persone disponibili.

L'arrivo della soluzione a tappeto ha rivitalizzato tutto il settore ed attraverso la sua ottimizzazione è ora possibile usufruire di un sistema che unisce e ottimizza tutto il ciclo produttivo rendendolo semplice e credibile per qualità economica e costruttiva. ■

5. BIBLIOGRAFIA

- [01] G. PIZZETTI - A. M. ZORNO TRISCIVOGGIO - Principi statici e forme strutturali - ed. UTET 1980.
- [02] F. PICCININI - L'evoluzione delle costruzioni in c.a. e c.a.p.: aspetti esecutivi e gestionali - Atti delle giornate A.I.C.A.P. 91 - Roma 1992.
- [03] D. DANIELI - Integrazione fra strutture in acciaio e in cemento armato - Convegno SAIE - Bologna 1978.
- [04] L. SANTARELLA - Il Cemento Armato vol. II - ed. Hoepli 1975.
- [05] P.L.NERVI - Costruire correttamente. - ed. Hoepli 1965.
- [06] A. MIGLIACCI - L'evoluzione delle costruzioni in c.a. e c.a.p.: aspetti progettuali - Atti delle giornate A.I.C.A.P. 91 - Roma 1992.
- [07] F. LEONHARDT - C.a. e c.a.p. : calcolo di progetto e tecniche costruttive - vol. III - L'armatura nelle costruzioni in cemento armato - edizioni tecniche 1977.
- [08] M. MANNELLI, P. MANNELLI, M. TRAMAJONI - PERI Italia, Basiano - Piastre continue senza travi (solette a fungo) per la realizzazione di un centro commerciale a Firenze - 12° Congresso C.T.E.
- [09] M. MANNELLI, P. MANNELLI, W. ADA - Una nuova tecnica costruttiva per la realizzazione di piastre continue senza travi ("solai a fungo") - Giornale A.I.C.A.P. allegato a "L'industria italiana del Cemento" n.° 3 marzo 1998.
- [10] CEMBUREAU - Associazione Europea del Cemento - Calcestruzzo leggero strutturale - edito a cura dell' AITEC
- [11] G. FABBROCINO, M. PECCE - Alcune osservazioni sulla modellazione normativa del legame costitutivo per il calcestruzzo ad alta resistenza - Giornale A.I.C.A.P. allegato a "L'industria italiana del Cemento" n.° 3 marzo 1996.
- [12] Terzo incontro internazionale BAMTEC- Hotel Flora Pfronten / allgäu GE
- [13] M. MANNELLI, P. MANNELLI, M. GUASTAPAGLIA - L'utilizzo delle armature industrializzate a tappeto nella costruzione dei solai a piastra - Giornate A.I.C.A.P. Verona, Maggio 2004
- [14] F. BERTINI - Variante architettonica e strutturale di un edificio per uffici - Tesi di laurea in Scienze dell'Ingegneria Edile, Università degli studi di Firenze, a.a. 2003-2004
- [15] S. FIORINDI - Variante architettonica e strutturale di un edificio per attività ricettive - Tesi di laurea di I livello in Scienze dell'Ingegneria Edile, Università degli Studi di Firenze, a.a. 2003-2004.

Contatti con gli autori:

Studio Ingg. Mannelli & Associati:
info@mannelliingegneria.it