

Procedure automatizzate di progettazione

L'impiego di procedure automatizzate per la progettazione di solai in latero cemento è ormai una pratica consolidata nel settore dei produttori di solaio in laterizio. L'articolo affronta gli aspetti salienti dell'argomento sia dal punto di vista teorico che pratico

Introduzione

E' obiettivamente difficile affrontare, in modo esauriente, la tematica sull'uso di procedure automatiche per la progettazione di solai in latero cemento, soprattutto a causa del fatto che essa coinvolge, oltre agli aspetti legati allo specifico campo di applicazione (il solaio), anche gran parte delle problematiche relative all'informatizzazione dei processi progettuali in generale.

Più che enunciare grandi idee, o illustrare possibili (e magari strabilianti) sviluppi futuri, questa relazione vuole, più semplicemente,

Se da un lato l'aspetto della calcolazione strutturale risulta essere ben individuato (pur con tutte le eccezioni del caso), non si può dire altrettanto della parte riguardante, per esempio, la stesura del disegno esecutivo o del preventivo di spesa in quanto, tali operazioni, coinvolgono una serie di specifiche modalità operative che possono variare, anche in modo sensibile, da progettista a progettista o da produttore a produttore.

Il lettore attento avrà già intuito che sono questi ultimi i veri problemi da risolvere nella definizione di una procedura automatica di progettazione (di seguito indicata anche come PAP) per solai in latero cemento.

E' necessario inoltre considerare che, mentre nella fase di calcolo può essere sufficiente ottenere i risultati in forma tabellata o comunque graficizzati in maniera piuttosto semplice, in sede di stesura dell'esecutivo di cantiere è indispensabile, per contro, poter raggiungere il normale livello grafico richiesto per questi tipi di elaborato. Lo stesso discorso vale anche per distinte di produzione. Mentre per un solaio a travetti precompressi ci si può accontentare di una lista delle diverse pezzature da impiegare, per un solaio a lastre ciò non è più vero. La distinta di produzione consiste, in questo caso, in un vero e proprio disegno di progetto della lastra.

Una procedura di progettazione per solai deve quindi prevedere l'utilizzo di un ambiente grafico di lavoro ad alto livello; un ambiente che consenta comunque di disegnare, indipendentemente dal problema specifico dei solai (disegnare un esecutivo vuol dire prima di tutto tracciare fisicamente su un foglio una serie di linee e/o curve; il significato che noi diamo a queste linee è, almeno in questa fase, di secondaria importanza).

Per tracciare delle linee su un foglio è necessario disporre di un apparato hardware decisamente più complesso (e quindi più costoso) di quello normalmente richiesto per la semplice calcolazione strutturale.

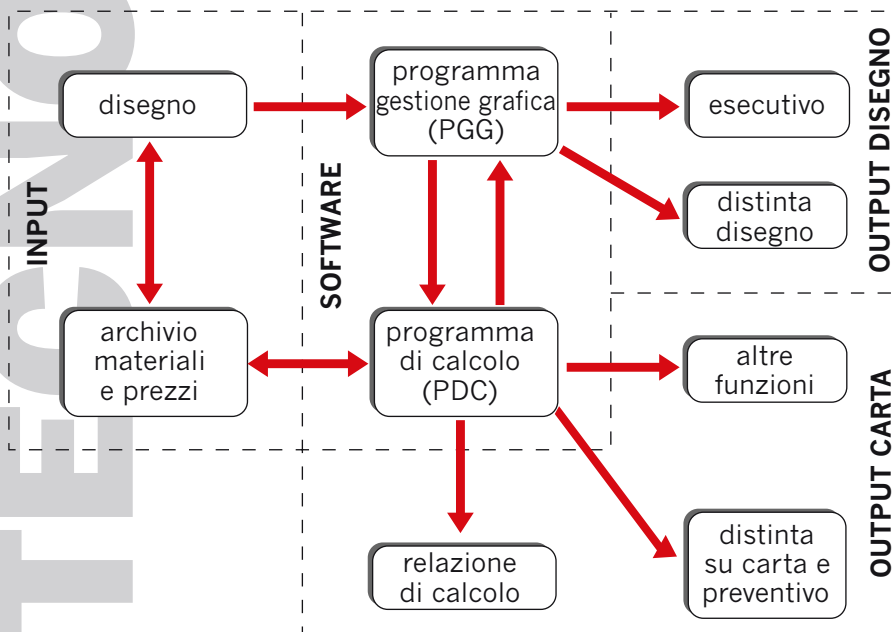
Come era logico aspettarsi sarà il punto b) più sopra illustrato a influenzare in modo molto pesante sia la scelta delle procedure software che la configurazione hardware.

Una procedura automatica di progettazione: caratteristiche generali

In figura 1 è riportato lo schema logico di una PAP per solai in latero cemento.

La gestione della totalità delle operazioni da eseguire è ottenuta utilizzando due diversi tipi di software:

a) un "Programma di Gestione Grafica" (di seguito denominato PGG) che ha il compito di consentire l'input-output delle operazioni di tipo grafico;



- 1 fare il punto sull'attuale situazione in questo campo, evidenziando i problemi da affrontare, il modo per risolverli, il tipo di risorse necessarie ecc.

Ci si rende conto che di fronte a questa impostazione qualche "filosofo" di informatica potrà magari storcere il naso. D'altra parte quanto viene di seguito illustrato è frutto dell'esperienza di chi scrive; si è comunque convinti che possa servire, se non altro, come utile traccia per un corretto approccio al problema.

Alcuni aspetti particolari della progettazione di solai in latero cemento

I problemi da affrontare nella progettazione di solai in latero cemento sono sostanzialmente di due tipi:

- a) di carattere "ingegneristico", (calcolo delle sollecitazioni, dimensionamento delle armature, verifiche di sicurezza ecc);
- b) di natura, per così dire, "pratica" (disegno dell'esecutivo, distinta dei materiali, prevenzione ecc.).

b) un "Programma di Calcolo" (o PDC) dedicato sia all'elaborazione dei dati che alla vettorializzazione dei dati grafici sia in entrata che in uscita.

La procedura di figura 1 può essere pensata come una macchina complessa dotata di un motore (il PDC) in grado di alimentarsi indifferentemente sia con i dati provenienti dagli archivi che con veri e propri disegni, e capace di fornire, in uscita, sia risultati di tipo grafico che non.

In questo senso va osservato che il PGG svolge la sola funzione di interfaccia grafica tra l'utente e la procedura; tale funzione, inoltre, non è direttamente correlata al problema specifico della progettazione dei solai in laterocemento. In altre parole l'interfaccia grafica può essere creata in modo qualsiasi purchè si consenta al motore di riconoscerla e quindi di gestirla.

E' evidente che una schematizzazione procedurale di questo tipo presenta l'enorme vantaggio di poter sfruttare interfacce grafiche esistenti (o meglio PGG già presenti sul mercato e in grado di fornire prestazioni grafiche di alto livello professionale). Ciò sta a significare non solo un risparmio di tempo e denaro in sede di realizzazione pratica della procedura, ma anche lo sfruttamento di tutta una serie di standard operativi utilizzati e quindi già conosciuti da parte di una larga fascia di utenti.

Gran parte del lavoro di realizzazione e messa a punto della procedura dovrà quindi essere dedicato alla creazione di opportune "linee di comunicazione" tra il PDC ed il PGG".

La figura 1 rappresenta ovviamente una delle possibili soluzioni al problema della progettazione di solai. In un futuro prossimo è ipotizzabile che la netta separazione attualmente esistente tra il PDC ed il PGG venga a cadere; in tal modo motore e interfaccia grafica diventeranno una cosa sola. Ciò consentirà di rendere il tutto più efficiente e di più immediato impiego per l'utente.

Un'alternativa a questo modo di operare potrebbe essere quella di creare "ex novo" una procedura che incorpori sia il motore che l'interfaccia grafica. Da un punto di vista teorico l'idea è chiaramente sostenibile, anche se, praticamente, le sue possibilità di riuscita sono estremamente ridotte (si pensi ad esempio alla mole di lavoro necessaria esclusivamente per poter rendere l'interfaccia grafica in grado di supportare l'infinita gamma di periferiche attualmente presenti sul mercato - video, plotter, tavolette, ecc.).

Si riporta di seguito una descrizione più dettagliata dello schema di figura 1; saranno presi in considerazione i vari box del diagramma di flusso illustrando più in profondità sia le loro funzionalità che le modalità di collegamento con gli altri.

1) Gestione degli archivi dei solai

Questa parte della procedura è solitamente svolta dal PDC in quanto non necessita di alcuna operazione di carattere grafico. E' conveniente scomporre il solaio nei suoi componenti di base al fine di poter gestire, parallelamente ai database delle caratteristiche geometriche e meccaniche dei vari materiali, anche gli archivi dei prezzi unitari dei singoli componenti.

La struttura degli archivi è generalmente composta da.

1a) Archivio dei materiali:

- calcestruzzo
- acciaio

2a) Archivio dei componenti di solaio:

- pignatte collaboranti e non;
- tralicci "tipo Bausta";
- travetti precompressi;
- travi precomprese;
- pannelli prefabbricati;
- lastre prefabbricate ad armatura lenta e/o precompressa;

1c) Archivio dei solai;

- gettati in opera;
- a traliccio lento e interposto laterizio;
- a travetto precompresso e interposto laterizio;
- a pannelli prefabbricati;
- a lastra sia lenta che precompressa;

2) Immissione delle caratteristiche geometriche dell'impalcato da calcolare

Durante questa fase, completamente gestita dal PGG, l'utente disegna le caratteristiche geometriche dell'impalcato che sarà successivamente oggetto del calcolo. E' difficile spiegare in poche parole il funzionamento di questa parte della procedura in quanto coinvolge una serie di problemi a prima vista non sempre evidenti. Si tratta comunque di immettere dati (di carattere grafico) in modo tale che:

2a) possano essere recepiti e analizzati dal PDC;

2b) siano direttamente correlabili ai database dei materiali e dei componenti;

2c) consentano di descrivere puntualmente ed in maniera molto precisa qualsiasi caratteristica geometrica dell'impalcato da calcolare;

2d) possano essere gestiti dall'utente in modo facile e intuitivo.

3) Individuazione degli schemi statici per il calcolo

Allo stesso modo del punto precedente e sempre operando dall'interno del PGG, l'utente deve poter indicare alla procedura quali saranno gli schemi statici da considerare per il calcolo.

In questa fase (come in quella precedente) la possibilità di scelta dell'utente non deve essere in nessun modo limitata da eventuali

scelte automatiche operate dalla procedura (vedi: Le modalità di funzionamento).

4) Vettorializzazione (in entrata) dei dati grafici

Questa fase del lavoro è gestita totalmente dal PDC. I dati precedentemente introdotti in maniera grafica sono vettorializzati per poi essere passati a delle apposite routine di calcolo che avranno il compito di elaborarli.

5) Calcolo delle sollecitazioni e dimensionamento delle armature

Sia il calcolo delle sollecitazioni che il dimensionamento delle armature, oltre alla conseguente operazione di verifica delle sezioni, rappresenta la fase più facilmente individuabile e descrivibile dell'intera procedura. Si tratta in altre parole di garantire il rispetto sia delle normative vigenti in materia, che delle regole della scienza delle costruzioni.

Lo schema statico generalmente assunto è quello di trave continua su più appoggi (fissi o cedevoli) con vincoli di estremità assimilabili a incastri più o meno perfetti. Si prevede inoltre che la trave continua possa avere all'estremità anche appoggi o sbalzi. Per la risoluzione della trave continua viene di solito utilizzato il metodo dei tre momenti; il calcolo viene svolto in maniera "discreta" su un numero prefissato di sezioni per campata esaminando diverse condizioni di carico, ed in particolare quelle che danno origine a valori massimi dei tagli e dei momenti sia in campata che sugli appoggi.

Le normative di cui è necessario verificare il rispetto sono le seguenti:

5a) Legge 5/11/1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica";

5b) Legge 2/2/1974 n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";

5c) D.M. 12/2/1982 "Aggiornamento delle norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";

5d) D.M. 3/12/87 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".

5e) D.M. 14/2/92 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".

Le verifiche sono di solito operate con il metodo delle tensioni ammissibili e riguardano:

5f) verifica a flessione per momenti positivi in campata;

5g) verifica a flessione per momenti negativi sugli appoggi;

5h) verifica a taglio al limite delle zone piene adiacenti agli appoggi.

Tutte le operazioni svolte in questa fase sono

ovviamente gestite dal PDC.

2

6) Ricoprimento delle aree dell'impalcato con elementi di tipo solaio definiti al punto 1) e produzione del disegno esecutivo (vettorializzazione in uscita)

Il PDC oltre a svolgere le funzioni più sopra illustrate, è chiamato a generare in uscita dalla fase di calcolo anche il disegno esecutivo dell'impalcato.

Tale operazione può essere gestita in modi diversi a seconda del tipo di PGG presente all'interno della procedura. Il PDC provvede al ricoprimento delle aree, che in fase di input erano state definite come aree di solaio, utilizzando gli elementi (travetti, pignatte, ecc.) presenti nell'archivio dei materiali; vengono inoltre posizionate e disegnate tutte le armature, unitamente ad eventuali pezzi speciali ecc...

7) Creazione della distinta di tutti i materiali impiegati ed eventualmente del preventivo di spesa

In questa fase il PDC raccoglie tutti gli elementi calcolati in precedenza, provvede al loro riordino per categorie e restituisce una lista ordinata di tutti gli elementi utilizzati (travetti, blocchi, armature ecc...). Provvede inoltre a numerare o siglare gli elementi tenendo eventualmente conto delle modifiche operate dall'utente.

Va tenuto presente che nel caso delle lastre la distinta deve essere in parte passata al PGG in modo da poter produrre il disegno esecutivo dei singoli pezzi.

Il preventivo è redatto sulla base dei costi unitari dei singoli elementi considerando, per quanto riguarda le armature, la possibilità di poter indicare i prezzi unitari in funzione del diametro.

8) Produzione della relazione di calcolo
Operazione gestita interamente dal PDC.

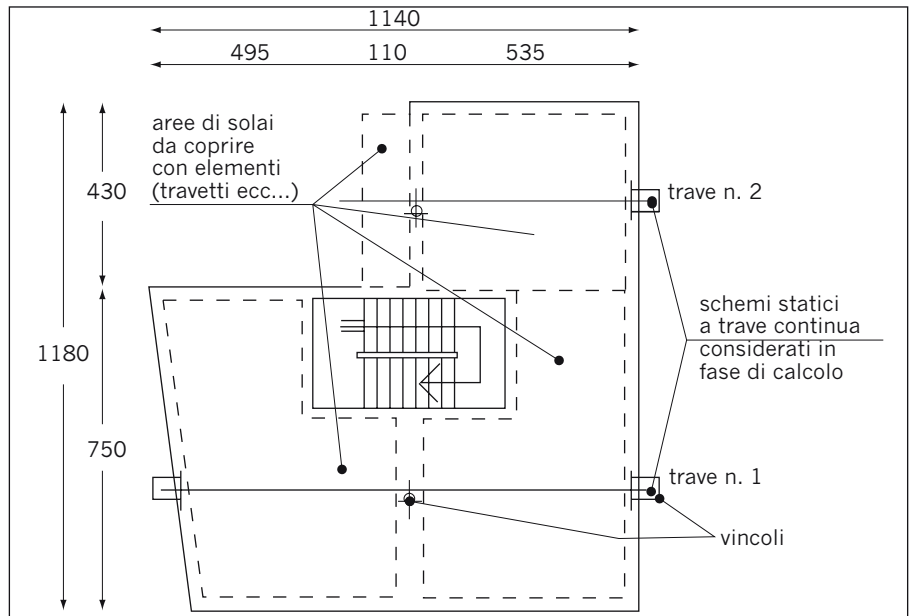
9) Eventuali output accessori

Data la complessità del problema è normale che possano essere richiesti da parte dell'utente una serie di output per così dire "accessori" e più precisamente:

- 9a) la produzione di etichette plasticate da applicare sui componenti al momento dell'invito in cantiere;
- 9b) l'interfacciamento con attrezzature per la produzione dei singoli componenti (armature, tralicci ecc...);
- 9c) la gestione delle piste di prefabbricazione;
- 9d) altre possibili operazioni.

Le modalità di funzionamento

Lo schema di funzionamento illustrato in precedenza può sembrare, a prima vista, piuttosto scontato; vale comunque la pena di



ricordare che si tratta pur sempre di uno schema logico. Non è detto che la "macchina" cui spetta il compito di svilupparlo sia altrettanto semplice e scontata.

Tutti noi, di fronte a procedure automatiche implementate su computer, siamo generalmente portati a pensare secondo quella che, in modo molto personale, il sottoscritto definisce come "l'idea del bottone". Tale definizione è direttamente mutuata da una frase che abbiamo sentito, se non addirittura pronunciato, chissà quante volte: "Vedi basta introdurre due numeri... poi schiacci il bottone... et voilà!". Un calcolo, o una qualsiasi altra cosa, che prima richiedeva ore di lavoro manuale è già fatta, prima ancora di finire di pronunciare la faticosa frase.

Tale tipo di comportamento non è, come di solito si può pensare, ispirato dal potere quasi diabolico attribuito ai computer soprattutto da parte degli utenti meno esperti, quanto dal desiderio di tradurre in pratica l'antica, e mai realizzata idea, di poter lavorare e produrre senza fatica.

Per affrontare in modo corretto il problema della progettazione dei solai, bisogna prima di tutto liberarsi "dall'idea del bottone", o meglio, valutare attentamente quale reale valore possa essa assumere in tale contesto.

La stessa considerazione appena enunciata può essere tradotta in una serie di domande del tipo:

- a) fino a che punto è conveniente spingere l'automatizzazione di una procedura per la progettazione dei solai?;
- b) quali sono le scelte che può operare in modo autonomo la procedura e quelle che è necessario debbano essere fatte dall'utente?;
- c) l'utente può modificare, in modo interattivo, eventuali elaborazioni fatte dalla procedura?

Al di là degli schemi logici generali, la buona riuscita di una PAP dipende soprattutto dalla sua modalità di funzionamento, dal modo cioè, in cui essa si pone, sia rispetto al problema tecnico da risolvere, che alle specifiche esigenze dell'utenza che dovrà servire.

Per spiegare meglio tale concetto, si consideri un semplice esempio pratico che fa

riferimento diretto alla parte di procedura preposta al dimensionamento delle barre di acciaio.

In linea teorica a seconda dell'area di solaio da ricoprire, la procedura dovrebbe consentire all'utente di poter scegliere (o selezionare):

- a) il numero massimo di barre al positivo per nervatura;
- b) il numero massimo di barre al negativo per nervatura;
- c) i diametri all'interno dei quali poter selezionare le armature da dimensionare;
- d) il tipo di ancoraggio (diritto, piegato);
- e) la lunghezza minima di ancoraggio;
- f) il valore di arrotondamento per le lunghezze;
- g) se le barre al positivo debbano essere dimensionate in modo continuo sulla campata oppure se debbano essere spezzate (e quindi seguire l'involuppo delle sollecitazioni di calcolo);
- h) se gli eventuali spezzoni debbano essere dimensionati in modo simmetrico rispetto allo sviluppo della campata oppure no;
- i) se gli eventuali spezzoni debbano o no avere una lunghezza minima indipendente dalla lunghezza calcolata;
- l) se le barre dimensionate al positivo debbano essere considerate associate al componente di solaio oppure no;
- m) quale deve essere la sporgenza massima delle barre di confezione rispetto al componente all'interno del quale sono alloggiato;
- n) quale deve essere la sporgenza massima delle barre aggiunte rispetto al componente;
- o) se le barre a negativo debbano essere dimensionate diritte o piegate;
- p) la lunghezza minima della barra;
- q) se la scelta dei diametri debba essere operata liberamente oppure ricorrendo a delle combinazioni tabellate predefinite dall'utente;
- r) se debbano essere dimensionate armature a taglio;
- s) su quali diametri operare eventualmente il dimensionamento delle armature a taglio;
- t) quale deve essere la lunghezza minima delle barre a taglio;
- u) il valore del copriferro laterale.

Tali scelte possono inoltre essere:

Distinta dei materiali nel caso di solaio a travetti tralicciati
Edificio Zai - Cantiere Verona - Impalcato a travetti - Data: 24/04/92 - Tavola n.: 1 - Distinta n.: 3

Riepilogo aree di solaio

Area impalcato		
N.Sol	Area (m ²)	Tipo solaio
1	27.4	SOLAIO TRAV.TRAL.20 + 4/50
2	28.1	SOLAIO TRAV.TRAL.20 + 4/50
3	4.4	SOLAIO TRAV.TRAL.20 + 4/50
4	19.2	SOLAIO TRAV.TRAL.20 + 4/50
Totale	79.1	

a) di tipo globale: se fanno riferimento all'intero impalcato da dimensionare;

b) di tipo locale: se influenzano solo una parte del calcolo.

Per esempio nel caso di figura 2, la sporgenza delle barre di confezione e di quelle dimensionate sulla campata di sinistra della linea di trave n. 2, potrebbe non essere uguale a sinistra e a destra in quanto a destra il solaio appoggia su una piattabanda anzichè su un muro. Come si può facilmente intuire l'idea del bottone è difficilmente applicabile ad un processo di questo tipo anche se, un'opportuna parametrizzazione di tutte le possibili scelte può portare ad una notevole semplificazione del lavoro richiesto all'utente. In ogni caso l'utente deve comunque essere in grado di poter interagire a qualsiasi livello con la procedura. E' per questa ragione fondamentale che la "macchina" procedura è destinata ad essere inevitabilmente complessa.

Un esempio di progettazione automatica: l'hardware

Si è personalmente convinti che la configurazione hardware più adatta allo sviluppo di PAP debba essere ricercata nell'area del personal computer.

Le ragioni di tale convinzione sono, in generale, di natura diversa ma portano tutte alle stesse conclusioni: minori costi di acquisto delle attrezzature hardware, minori costi di manutenzione, prestazioni più che adeguate se non addirittura esuberanti rispetto alle esigenze da soddisfare.

In tal senso una configurazione hardware adatta a supportare una PAP per solai potrebbe essere così composta:

a) Personal Computer operante in ambiente MS-DOS dotato di:

- Microprocessore 80286/80386/80486;
- Coprocessore matematico 80287/80387;
- RAM di almeno 1 Mb (meglio 4 Mb);
- Hard-disk da 40 Mb a 200 Mb;
- Scheda video VGA a 16 colori;
- Video colore da 14" a 21"
- Doppio drive per floppy da 3"1/5 e 5"1/4;

b) Digitizer:

qualsiasi (area minima di lavoro 12"x12")

c) Plotter:

qualsiasi sia come tipo che numero di penne, purchè adeguato alla dimensione dei disegni da gestire;

d) Stampante: qualsiasi.

Il software

Si è in precedenza evidenziato che per costruire una PAP necessitano sostanzialmente due diversi tipi di software: il PGG ed il PDC.

La CR Soft, che ci ha generalmente fornito gli esempi di calcolo riportati in seguito,

Distinta elementi in laterizio

Distinta blocchi laterizio			
Blocco: Pignatta 38x20x25			
N.Sol.	Blocchi (num)	Mezzi B. (num)	Ribass. (num)
1	222	15	0
2	228	15	0
3	28	7	0
4	133	7	0
Totale	611	44	0

Distinta elementi tralicciati

Distinta travetti													
Travetto				Traliccio		Confezione				Schema	Peso (kg)		
n.	tipo	1cot. (cm)	1tra. (cm)	Sts (cm)	Std (cm)	ø	n.	1b (cm)	Sbs (cm)			Sbd (cm)	
8	1	625	635	10	0	14	1	505	15	15	—————	48.8	
1	7	524	544	10	10	12	1	550	13	13	—————	4.9	
1	8	517	537	10	10	12	1	545	14	14	—————	4.8	
1	9	509	529	10	10	12	1	535	13	13	—————	4.7	
1	10	502	522	10	10	12	1	530	14	14	—————	4.7	
1	11	495	515	10	10	12	1	520	13	13	—————	4.6	
9	17	495	515	10	10	12	1	525	15	15	—————	41.9	
1	12	488	508	10	10	12	1	515	14	14	—————	4.6	
1	13	480	500	10	10	12	1	510	15	15	—————	4.5	
1	14	473	493	10	10	12	1	500	13	13	—————	4.4	
1	15	466	486	10	10	12	1	495	15	15	—————	4.4	
1	2	340	360	10	10	12	1	365	12	13	—————	3.2	
1	3	333	353	10	10	12	1	360	14	14	—————	3.2	
1	4	326	346	10	10	12	1	355	15	15	—————	3.2	
1	5	318	338	10	10	12	1	345	13	13	—————	3.1	
1	6	311	331	10	10	12	1	340	14	14	—————	3.0	
6	16	275	295	10	10	12	1	305	15	15	—————	16.2	
37	171.9	Travetto tipo: travetto tipo 1/2 ø5											164

Distinta armature a negativo

Distinta barre a negativo				
N.b.	Ø (mm)	Ltot. (cm)	Peso (kg)	Tipo barra
8	10	220	10.9	17 $\sqrt{122 \ 57} \setminus 24$
8	12	140	9.9	17 $\sqrt{99} \setminus 24$
1	16	180	2.8	17 $\sqrt{139} \setminus 24$
1	10	105	0.6	17 $\sqrt{64} \setminus 24$
5	10	140	4.3	17 $\sqrt{99} \setminus 24$
1	16	395	6.2	24 $\sqrt{181 \ 166} \setminus 24$
23	10	135	19.1	17 $\sqrt{94} \setminus 24$
1	16	390	6.2	24 $\sqrt{177 \ 165} \setminus 24$
2	16	390	12.3	24 $\sqrt{176 \ 166} \setminus 24$
1	16	385	6.1	24 $\sqrt{172 \ 165} \setminus 24$
2	16	385	12.2	24 $\sqrt{171 \ 166} \setminus 24$
1	16	380	6.0	24 $\sqrt{167 \ 165} \setminus 24$
2	16	380	12.0	24 $\sqrt{166 \ 166} \setminus 24$
1	16	375	5.9	24 $\sqrt{162 \ 165} \setminus 24$
2	16	375	11.8	24 $\sqrt{161 \ 166} \setminus 24$
1	16	370	5.8	24 $\sqrt{157 \ 165} \setminus 24$
60		Totale (kg)	132.3	

Segue **Distinta dei materiali nel caso di solaio a travetti tralicciati**

Corree di ripartizione

Distinta corree di ripartizione										
N.s.	L (cm)	l (cm)	H (cm)	A.C. (ø)	lung (cm)	Staffe (ø)	h (cm)	l (cm)	n.st. (num)	Peso tot. (kg)
2	15	415	20	4ø12	415	1ø6/30	20	15	14	17
Peso totale (kg)										17

Riepilogo per quantità

Riepilogo distinta			
Descrizione	Numero	Quantità	Peso
Area totale impalcato		(m ²) 79.1	
Pignatta 38x20x25 intero mezzo	(n.) 611 (n.) 44		
Travetto tipo 1/2ø5	(n.) 37	(m) 171.9	(kg) 164
Armatura a negativo	(nb) 60		(kg) 132
Armatura corree			(kg) 17

ha utilizzato nello sviluppo di un proprio pacchetto software (dedicato appunto alla progettazione automatica di solai in latero cemento e non), il seguente software:

a) *AUTOCAD ver. 10 e successive*:
come interfaccia grafica (PGG);

b) *SOLAIO PLUS ver. 2.0*:
come programma di calcolo (PDC).

come programma di calcolo (PDC).

Precisiamo subito che non è nostra intenzione illustrare le particolarità di funzionamento di tale pacchetto. Ciò che più ci interessa in questo momento è evidenziare il fatto che esso è stato sviluppato seguendo una logica del tutto analoga a quella illustrata in precedenza.

SOLAIO PLUS (questo è il nome del pacchetto) "gira", infatti, su personal computer MS-DOS compatibili e richiede un'attrezzatura hardware del tutto simile a quella illustrata al punto precedente.

Esempio di calcolo

Si riporta un esempio di calcolo svolto utilizzando SOLAIO PLUS ver. 2.0.

In figura 2 è riportata la pianta dell'impalcato utilizzata per il calcolo che è stato svolto considerando separatamente due tipi diversi di solaio: a travetti tralicciati (tipo bausta) e interposte pignatte, a lastra con armatura lenta.

Durante la fase di elaborazione è stato inoltre misurato il tempo impiegato dalla procedura per restituire tutti i risultati; esso è stato cronometrato in circa:

a) 35 secondi per il solaio a traliccio;

b) 55 secondi per il solaio a lastre.

Per questa prova, infine, si è utilizzato un personal computer 486 a 33 Mhz.

Per ovvi motivi di spazio si riportano, solo parzialmente, i risultati dell'elaborazione.

Vantaggi derivanti dall'uso di procedure automatizzate di progettazione per solai

I vantaggi conseguenti all'impiego di una PAP per solai sono, in generale, del tutto analoghi a quelli derivanti dall'informatizzazione di un qualsiasi processo.

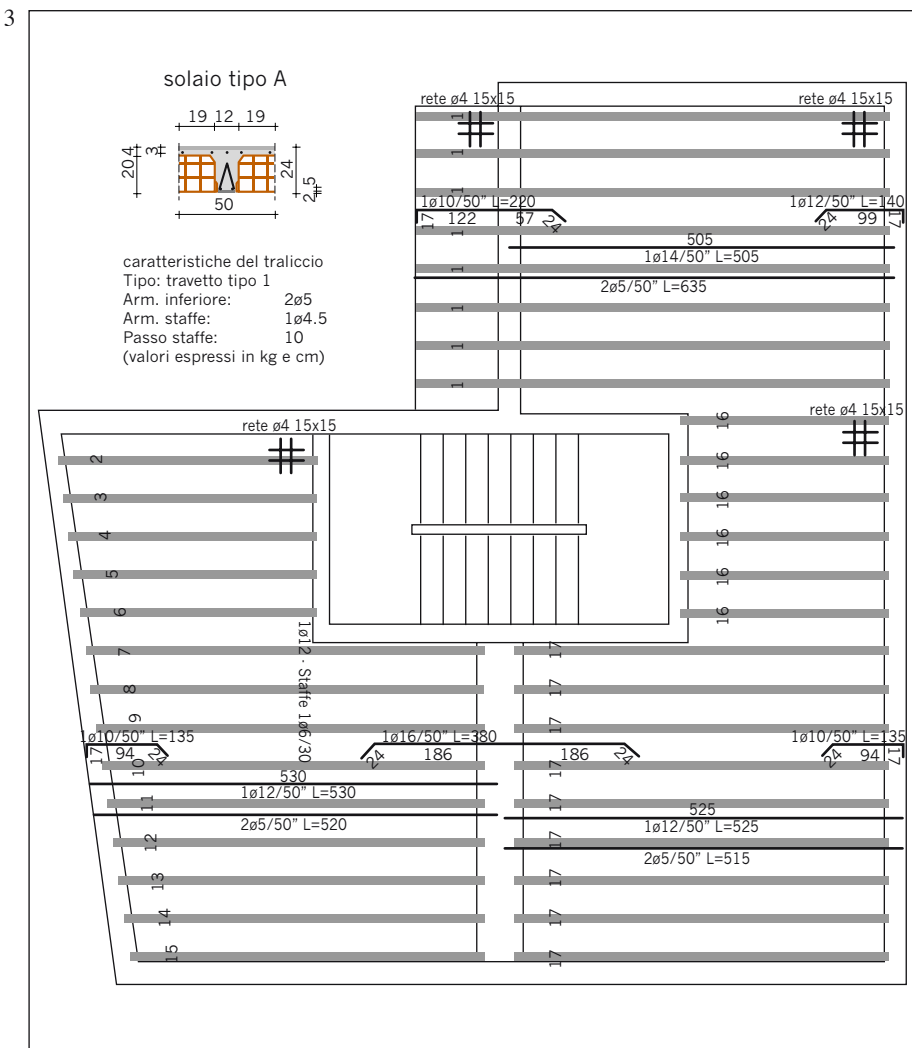
Tra questi meritano un cenno particolare i seguenti:

a) *maggior velocità di elaborazione*;

una maggior velocità di elaborazione sottintende la possibilità di svolgere una quantità di lavoro maggiore a parità di operatori impiegati, oppure un impiego minore di manodopera a parità di lavoro svolto (si ricorda, in tal senso, che l'impalcato di figura 2 è stato completamente dimensionato, calcolato e verificato in 35 secondi!).

b) *migliore qualità del lavoro svolto*;

è indubbio che l'impiego di PAP produce un



Relazione di calcolo nel caso di solaio a travetti tralicciati

Descrizione: Edificio Zai Cantiere Verona - Impalcato a travetti

Trave di calcolo n. 1

Dati generali

Solaio continuo a n. 2 campate
Vincolo estremo sinistro: Sbalzo
Vincolo estremo destro: Incastro cedevole (50%)
Coefficiente di riduzione dei momenti sugli appoggi: 15%

Caratteristiche dei materiali

Calcestruzzo:

Rbk = 300 kg/cm²
 $\sigma_{amm} = 97.50 \text{ kg/cm}^2$
 $\tau_{\sigma 0} = 6.00 \text{ kg/cm}^2$

Acciaio:

$\sigma_{amm} = 2600 \text{ kg/cm}^2$
Tipo: Feb44K

Campata n. 1

luce (cm) 125
Zona rigida estremo sinistro (cm) 0
Zona rigida estremo destro (cm) 15
Peso proprio solaio (kg/cm²) 292
Sovraccarico permanente (kg/cm²) 150
Sovraccarico accidentale (kg/cm²) 200
Solaio tipo n.1

Campata n. 2

Luce (cm) 505
Zona rigida estremo sinistro (cm) 15
Zona rigida estremo destro (cm) 15
Peso proprio solaio (kg/m²) 292
Sovraccarico permanente (kg/m²) 300
Sovraccarico accidentale (kg/m²) 200
Solaio tipo n. 1

Solaio n. 1

Solaio a travetti tralicciati con pignatta collaborante
Altezza solaio 24 cm
Altezza pignatta 20 cm
Spessore cappa 4 cm
Interasse 50 cm
Interasse 50 cm
Largh. nervatura 12 cm
Copr. inf. conf. 2.5 cm
Copr. inf. agg. 2.5 cm
Copriferro sup. 3.0 cm
Armatura di confezionamento 0.39 cm²
Rete elettrosaldata \varnothing 4 maglia 15x15

Verifiche a momento positivo

Camp.	X (cm)	Mom. (kgm)	Area cm ²	σ_{cls} (kg/cm ²)	σ_{lat} (kg/cm ²)	σ_{fe} (kg/cm ²)	fr. (cm)
2	354	930	1.93	-42	-4	2405	0.30

Verifiche a momento negativo

Camp.	X (cm)	Mom. (kgm)	Taglio cm ²	Area (kg/cm ²)	σ_{lat} (kg/cm ²)	σ_{fe} (kg/cm ²)	tau (kg/cm ²)
2	110	-194	-353	0.79	-30	1292	1.37
3	615	-345	-1005	1.13	-47	1618	3.91

Trave di calcolo n. 2

Dati generali

Solaio continuo a n. 2 campate
Vincolo estremo sinistro: Incastro cedevole (50%)
Vincolo estremo destro: Incastro cedevole (50%)
Coefficiente di riduzione dei momenti sugli appoggi: 15%

Caratteristiche dei materiali

Calcestruzzo:

Rbk = 300 kg/cm²
 $\sigma_{amm} = 97.50 \text{ kg/cm}^2$
 $\tau_{\sigma 0} = 6.00 \text{ kg/cm}^2$

Acciaio:

$\sigma_{amm} = 2600 \text{ kg/cm}^2$
Tipo: Feb44K

Campata n. 1

luce (cm) 525
Zona rigida estremo sinistro (cm) 16
Zona rigida estremo destro (cm) 30
Peso proprio solaio (kg/cm²) 292
Sovraccarico permanente (kg/cm²) 300
Sovraccarico accidentale (kg/cm²) 200
Solaio tipo n.1

Campata n. 2

Luce (cm) 520
Zona rigida estremo sinistro (cm) 30
Zona rigida estremo destro (cm) 15
Peso proprio solaio (kg/m²) 292
Sovraccarico permanente (kg/m²) 300
Sovraccarico accidentale (kg/m²) 200
Solaio tipo n. 1

Solaio n. 1

Solaio a travetti tralicciati con pignatta collaborante
Altezza solaio 24 cm
Altezza pignatta 20 cm
Spessore cappa 4 cm
Interasse 50 cm
Largh. nervatura 12 cm
Copr. inf. conf. 2.5 cm
Copr. inf. agg. 2.5 cm
Copriferro sup. 3.0 cm
Armatura di confezionamento 0.39 cm²
Rete elettrosaldata \varnothing 4 maglia 15x15

Verifiche a momento positivo

Camp.	X (cm)	Mom. (kgm)	Area cm ²	σ_{cls} (kg/cm ²)	σ_{lat} (kg/cm ²)	σ_{fe} (kg/cm ²)	fr. (cm)
1	231	760	1.52	-38	0	2475	0.24
2	816	743	1.52	-37	0	2419	0.23

Verifiche a momento negativo

Camp.	X (cm)	Mom. (kgm)	Taglio cm ²	Area (kg/cm ²)	σ_{lat} (kg/cm ²)	σ_{fe} (kg/cm ²)	tau (kg/cm ²)
1	16	-221	882	0.79	-35	1470	3.43
2	555	-655	1038	2.01	-73	1784	4.04
3	1030	-219	-873	0.79	-34	1456	3.40

miglioramento effettivo della qualità di progettazione. La potenza di elaborazione può infatti essere utilizzata per "spingere" l'ottimizzazione dei componenti ad un livello di molto superiore a quello generalmente raggiunto impiegando tecniche tradizionali.

c) *completa standardizzazione del lavoro di progettazione;*

l'impiego di una PAP comporta di fatto una generale standardizzazione dell'intero processo progettuale (dalla definizione dei componenti al disegno esecutivo).

d) *possibilità di interfacciamento con altre utenze in grado di supportare un PGG compatibile;*

si tratta di un aspetto finora non molto considerato in quanto, solo da poco tempo a questa parte, i progettisti hanno cominciato ad utilizzare in modo continuativo sistemi grafici computerizzati per la progettazione architettonica.

E' ipotizzabile che in un futuro quanto mai vicino (se non addirittura nel presente), gli elaborati architettonici passeranno dallo studio professionale agli impianti di produzione dei componenti direttamente sotto forma di file.

In tale situazione sarà sufficiente garantire la compatibilità tra il PGG utilizzato dal progettista ed il PGG dello stabilimento per eliminare l'inevitabile ed inutile fase di ridisegno e rielaborazione dell'architettonico.

Conclusioni

Si è cercato di illustrare quali sono gli aspetti salienti di una procedura automatica per la progettazione di solai in latero cemento corredando l'analisi teorica del problema con un esempio di pratica di applicazione.

In conclusione riteniamo opportuno ribadire il fatto che gli schemi, più sopra illustrati, sono stati applicati ed utilizzati per sviluppare e costruire PAP realmente funzionanti e che inoltre, è sempre maggiore il numero delle aziende produttrici di solai che hanno deciso di utilizzarle stabilmente nella loro pratica progettuale.