

PRESCRIZIONE DEI MATERIALI E DISEGNO DELLA CARPENTERIA

2

2.1 – Prescrizione dei materiali

Entriamo ora nel vivo della prova di pre-dimensionamento affrontando il primo step consistente nelle prescrizioni dei materiali, infatti occorre comunicare quali siano i materiali che si devono utilizzare per la realizzazione delle strutture.

Di seguito sono riportate le tensioni ammissibili in daN/cm² per le diverse classi di calcestruzzo:

Tensioni ammissibili per le diverse classi Rck in daN/cm ²							
Classi	150 (*)	200 (*)	250 (*)	300	350	400	500
flessione	60	72	85	97	110	122	147
Pilastrì con lato ≤ 25 cm	42	50	60	68	77	85	103
Pilastrì con lato ≥ 25 cm	36	42	50	58	65	72	87

(*) materiali già in corso di validità della vecchia normativa caduti in disuso

e d'acciaio:

Fe B 38 K (*)	$\sigma_{amm} = 2200 \text{ daN/cm}^2$
Fe B 44 K	$\sigma_{amm} = 2600 \text{ daN/cm}^2$

Quindi nella parte alta della stringa dedicata ai “calcoli” racchiuso in un riquadro scriveremo

PRESCRIZIONE DEI MATERIALI:

Rck 300 → $\sigma_{amm}^{cls} = 97 \text{ daN/cm}^2$ (flessione)
 $\sigma_{amm}^{cls} = 58 \text{ daN/cm}^2$ (compressione)

Fe B 44 K → $\sigma_{amm}^{st} = 2600 \text{ daN/cm}^2$

Con questo stiamo comunicando che la validità di quanto ci accingiamo a fare è subordinata all'utilizzo di un calcestruzzo di classe Rck 300 con tensione ammissibile di 97/58 daN/cm² ed acciaio per armatura Fe B 44 K con tensione ammissibile pari a 2600 daN/cm².

2.2 – Disegno della pianta della carpenteria

La seconda cosa da fare consiste nel disegnare la pianta della carpenteria il solo elaborato quasi esecutivo che ci sia data occasione di produrre; quindi sarà il caso di perdere qualche minuto per realizzarne una corretta rappresentazione. La pianta della carpenteria consiste nella rappresentazione dei soli elementi strutturali – solai, travi, pilastri, setti, fondazioni varie - privati di tutte le finiture e delle murature divisorie.

Il disegno della struttura, eseguito al 50 od anche al 100, viene reiterato per ogni impalcato (nel nostro caso uno solo se non addirittura uno stralcio) in altri termini per ogni livello previsto sia in elevazione che per le strutture di fondazione. Su questo vanno riportati i “nomi” dei singoli elementi (travi, pilastri, etc.) per consentire in fase di realizzazione di identificarli con certezza e senza equivoci; inoltre è necessario quotare opportunamente il disegno affinché una volta effettuato lo sbancamento sia possibile posizionare quelli che sono detti fili fissi e procedere all'elevazione della struttura per tutti i livelli senza margine d'errore dalle fondazioni al solaio di copertura. Negli impalcati intermedi dove si prevede di effettuare dei “fori” nei solai per la realizzazione dei cavedi, questi si rappresentano con una grafica come quella al lato e vanno rappresentati nelle loro dimensioni e posizioni corrette nonché opportunamente quotati.

Per la rappresentazione dell'elemento solaio la cosa fondamentale da indicare è il senso della tessitura ma qualora ce ne fosse tempo e sicuramente nella scala più ampia del 50 è il caso di porre una rappresentazione stralciata di due/tre travetti ribaltati sulla stessa pianta della quale conservano la scala di rappresentazione. Detto questo per la teoria è detto praticamente tutto; procediamo quindi a vedere come è fatta una pianta della carpenteria (fig. 7).

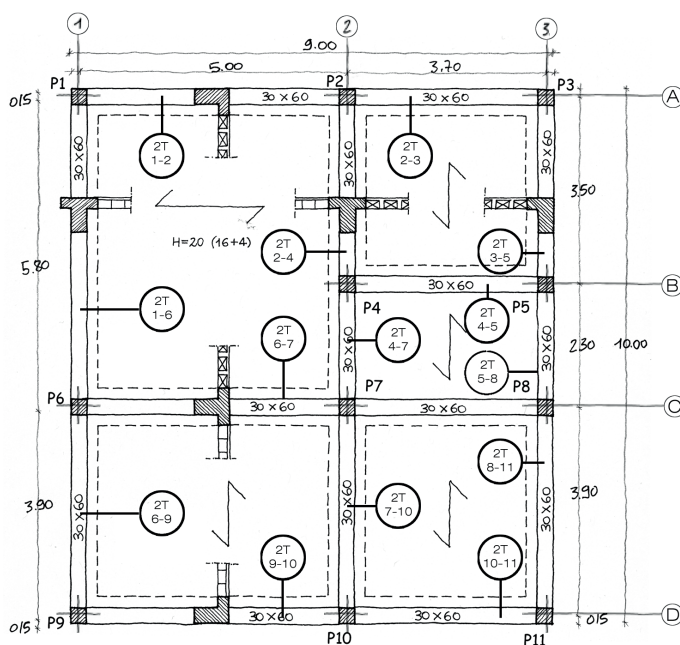
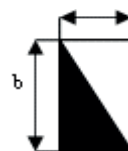
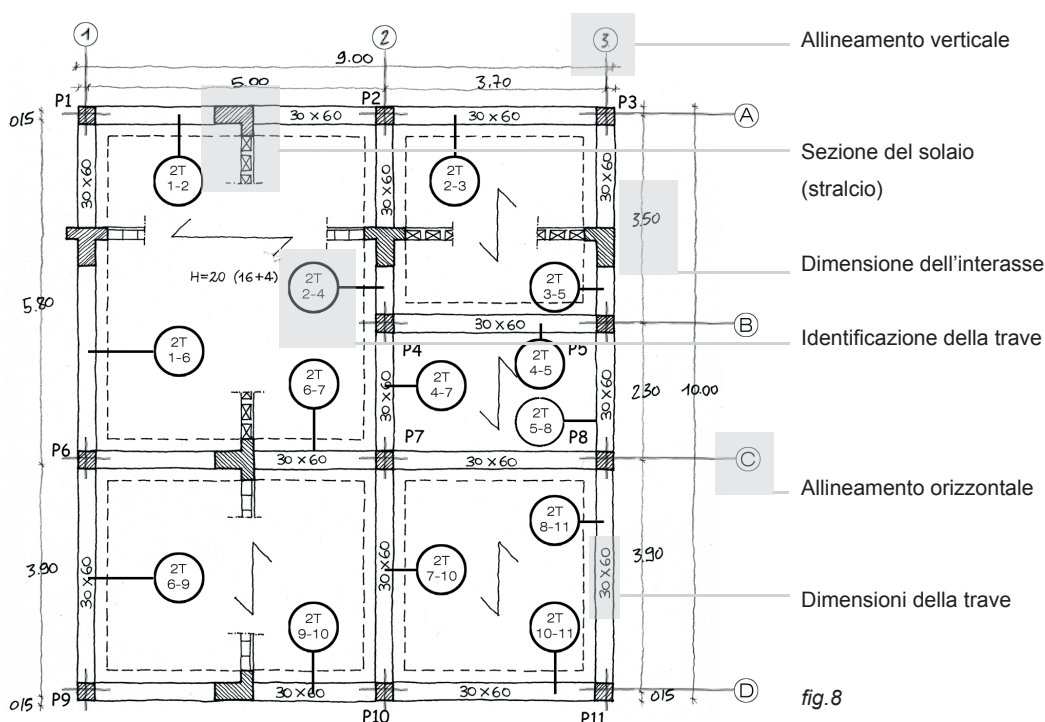


fig.7

Vediamo ora nel dettaglio che cosa indicano le diverse note in modo da poter comporre una qualunque carpenteria (fig. 8):

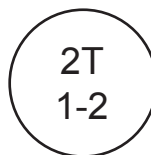


Dove:

2 = numero dell'impalcato

T = trave (**P**=pilastro; **Tr**=trave rovescia; **Pl**=plinto

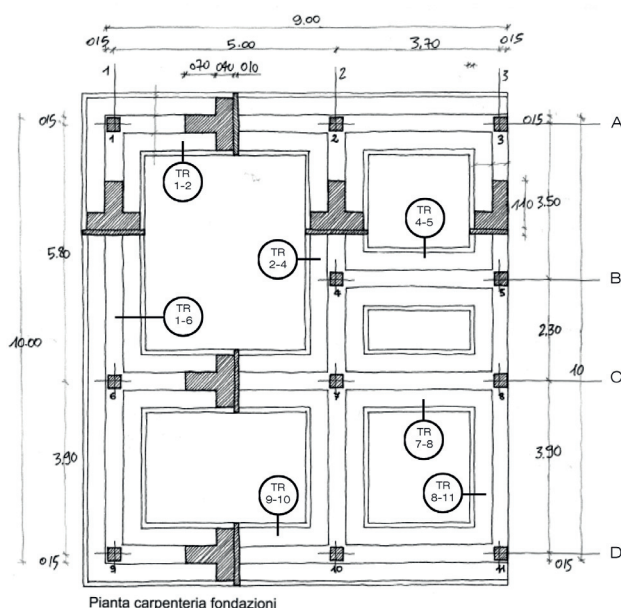
1-2 = pilastri fra cui è tesa la trave



Per quanto riguarda la nomenclatura dei pilastri questi vengono identificati sfruttando gli allineamenti come si fa nella "battaglia navale" od anche numerandoli in ordine progressivo ad esempio **P1**, **P2**, **P3**, etc., procedendo dagli impalcati in basso verso la sommità.

Sulle travi sono riportate le dimensioni della sezione, base ed altezza, che noi non siamo in grado di sapere ma per le quali possiamo assumere volta per volta quelle utilizzate per il calcolo del peso proprio presunto (come queste si determinino lo vedremo in seguito); in alternativa possiamo anche inserire solamente la dizione **b x h** a dimostrazione che sappiamo cosa va inserito ma che al momento non siamo in grado di quantificarlo.

La carpenteria che abbiamo appena visto è quella riferita ad un piano qualsiasi di una qualsiasi tipologia edilizia e destinazione d'uso; ma si può disegnare anche la carpenteria delle fondazioni, la cosa non prevede particolari differenziazioni e complicazioni rispetto a quanto visto fin qui – quindi vediamo il disegno di una ed analizziamone i caratteri e le differenze (fig. 9).



Questa in particolare è la carpenteria di una fondazione a trave rovescia, e come si può vedere la nomenclatura è del tutto uguale a quella già esaminata mentre le maggiori differenze si riscontrano nel disegno vero e proprio ma questo è più che logico.

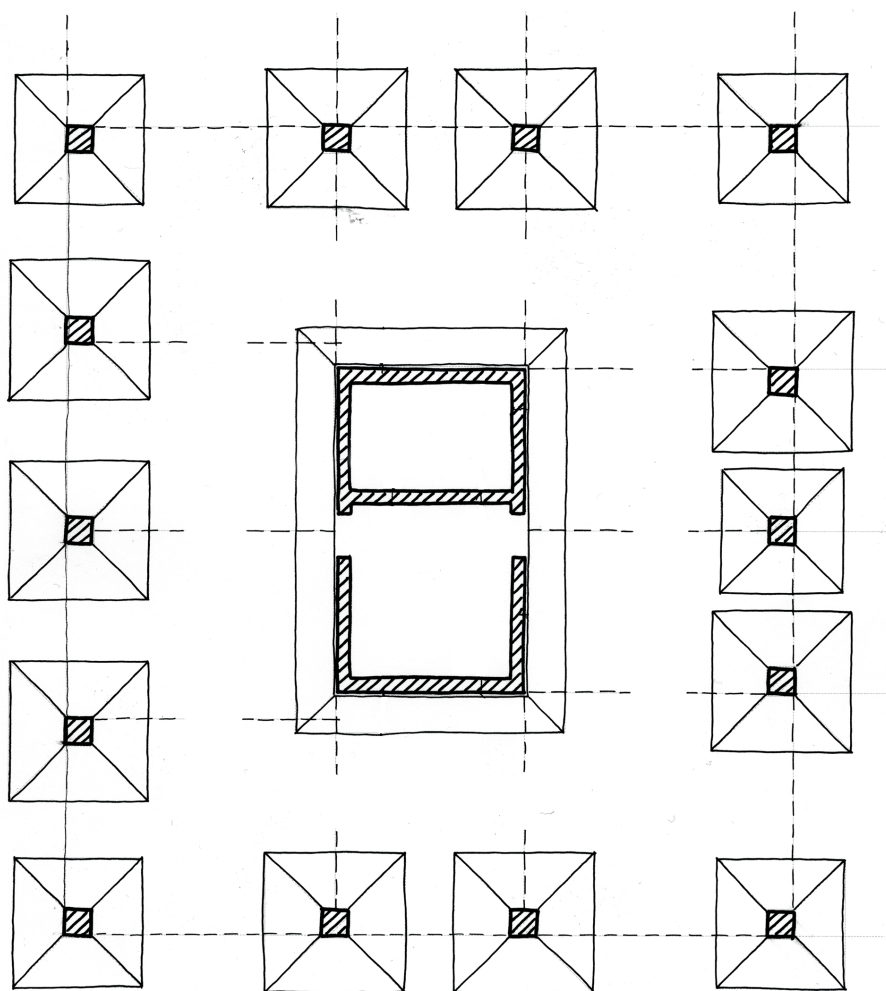
Entrambe le piante riportano oltre alla sezione ribaltata del solaio anche quella di trave in una e dell'elemento di fondazione nell'altra; questa rappresentazione non è necessaria alla fase di approfondimento Figura 9 che è richiesta in questa sede, tuttavia è possibile disegnarla senza quotarla come sola indicazione della forma o dell'andamento.

2.3 – Esercizi di controllo

Nelle schede qui di seguito sono riportate alcuni disegni di carpenterie privi delle indicazioni e delle quotature, esercitarsi completandoli con quanto serve e confrontare il risultato con la versione di confronto in fondo:

- Analizzare
- Comprendere la struttura
- Assegnare la nomenclatura (fili fissi, ecc...)
- Quotare
- Dettagliare (stralci solai, sezioni ribaltate, ecc.)

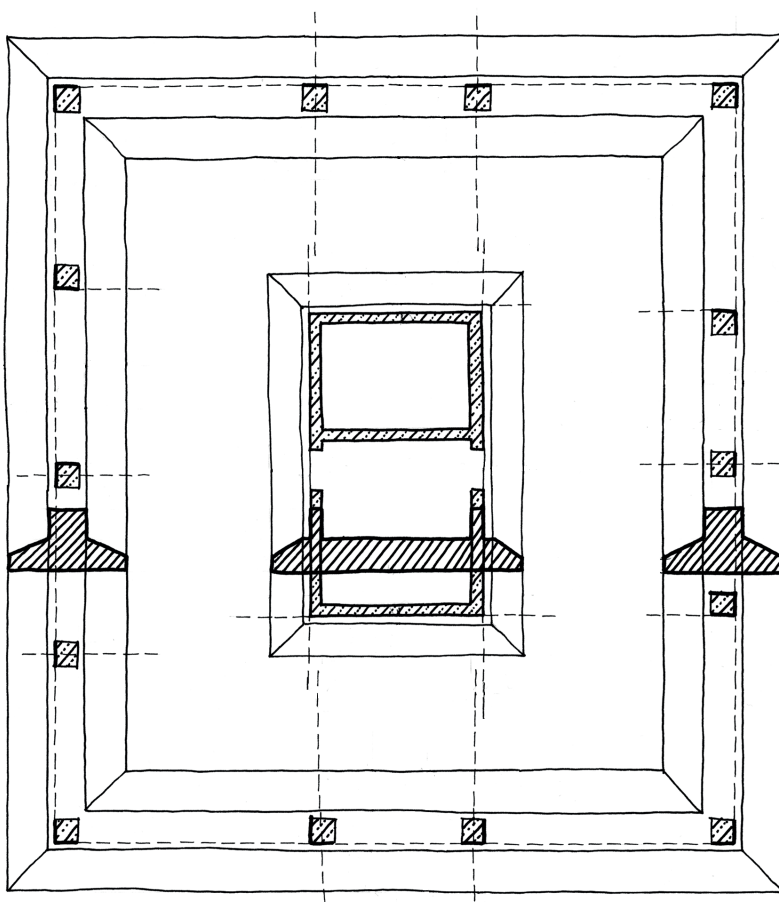
SCHEDA - 1



Pianta della carpenteria delle fondazioni a plinti isolati.

SVOLGIMENTO

1. comprensione della tipologia strutturale e della tecnologia
2. inserimento dei fili fissi
3. nomenclatura degli elementi strutturali (travi, pilastri ...)
4. inserimento delle quote
5. dettagli in stralci

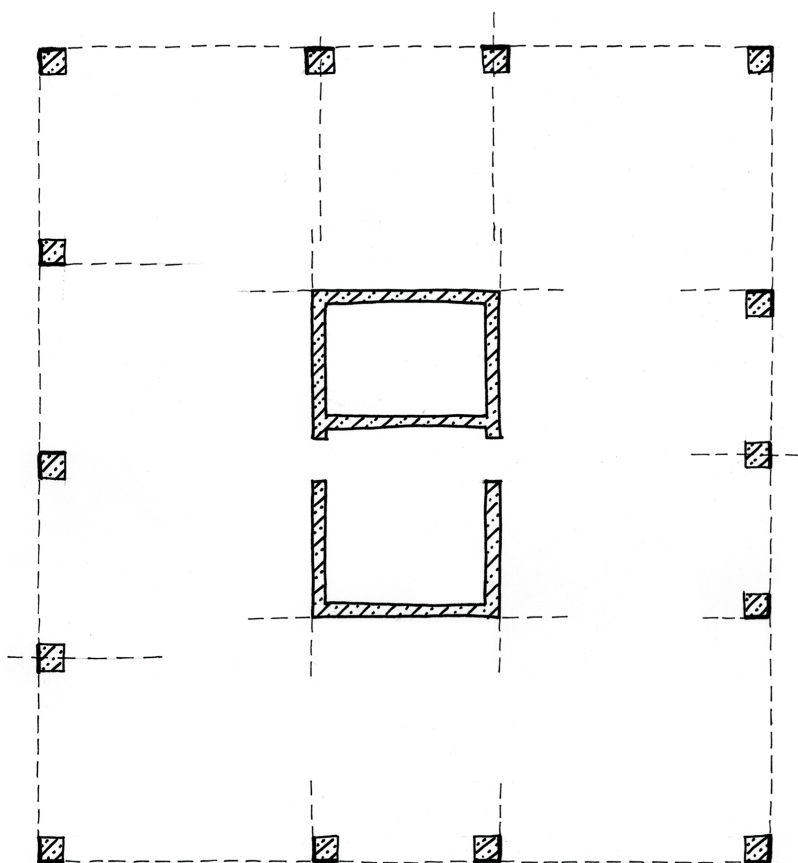


Pianta della carpenteria delle fondazioni a travi rovesce.

SVOLGIMENTO

1. comprensione della tipologia strutturale e della tecnologia
2. inserimento dei fili fissi
3. nomenclatura degli elementi strutturali (travi, pilastri ...)
4. inserimento delle quote
5. dettagli in stralci

SCHEDA - 3



Pianta della carpenteria di un piano tipo.

SVOLGIMENTO

1. comprensione della tipologia strutturale e della tecnologia
2. inserimento dei fili fissi
3. nomenclatura degli elementi strutturali (travi, pilastri ...)
4. inserimento delle quote
5. dettagli in stralci

3.1 – I carichi

E' ora il momento di procedere ad effettuare l'analisi dei carichi ovvero determinare entità e quota parte di peso gravante su ogni componente strutturale; tradotto in senso pratico si tratta di determinare:

- *Sovraccarichi accidentali* = sono i pesi che gravano sulle strutture rappresentati da persone, mobilio ed altro e che la normativa già ci fornisce diversificati in funzione delle destinazioni d'uso
- *Peso proprio* = questo deve essere determinato in base alle dimensioni presunte che si assegnano ai diversi elementi strutturali
- *Finiture* = si riferisce a ciò il peso aggiuntivo dovuto alla posa del pavimento e del relativo sottofondo
- *Intonaco* = questo carico si riferisce allo strato di finitura dell'intradosso del solaio molto spesso dimenticato ma che come vedremo ha un valore superiore a quello che si crede
- *Tramezzature* = ci stiamo riferendo al peso delle strutture murarie che dividono lo spazio rendendolo funzionale allo scopo preposto

Contrariamente a quanto si può pensare non ci sono calcoli complicati da eseguire infatti, trattandosi di un pre-dimensionamento, possiamo facilmente fare riferimento a valori approssimativi non di meno realistici; ovvero:

Sovraccarichi accidentali

Sfogliando le svariate normative che disciplinano la materia, i diversi manuali, ai quali è doveroso fare riferimento, possiamo ragionevolmente comporre la seguente tabella:

DESTINAZIONE		carico (daN/m ²)
1	Coperture non praticabili	100
2	Coperture praticabili	150
3	Neve (fino a 500m)	60-130
4	Neve (oltre i 500m)	130-250
5	Locali d'abitazione, o di servizio, o di uffici non aperti al pubblico e relativi terrazzi di copertura praticabili	200
6	Locali pubblici suscettibili di affollamento (negozi, ristoranti, caffè, banche, uffici postali, aule scolastiche) e relativi terrazzi di copertura praticabili	350
7	Locali pubblici suscettibili di grande affollamento (sale riunioni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi, palestre, negozi con carichi rilevanti, etc.)	500
8	Sale da ballo, tribune senza posti fissi, etc.	600

9	Balconi e scale per edifici d'abitazione	400
10	Balconi e scale per edifici pubblici e scolastici	500
11	Sottotetto accessibile	100
12	Rimesse per autovetture fino a 2,5 t di peso	300
13	Archivi e biblioteche	Variabile secondo i casi, comunque mai inferiore a 600

Forniamo inoltre i pesi di alcuni materiali da costruzione che può rivelarsi opportuno sapere:

Materiale	Peso (daN/m ²)	Materiale	Peso (daN/m ²)
Acqua	1000	Laterizio forato	900
Acciaio	8000	Legno	600-1200
Alluminio	2700	Malte di calde	1800
Conglomerato con inerti leggeri	1400-2000	Malte cementizie	2100
Conglomerato con inerti pesanti	2000-5000	Pomice	800
Ghisa	7200	Porfido	2600
Granito	2700	Sughero	300
Inerti leggeri	500-1500	T travertino	2400
Lana di vetro	100	Tufo	1700
Laterizio pieno	1800	Vetro	2500

Peso proprio

Come si è accennato brevemente si tratta di determinare quanto pesa ciò che ci si accinge a dimensionare, infatti una struttura prima di opporsi agli sforzi per cui è costituita deve essere in grado di “tenere su” se stessa.

La domanda che subito ci si pone è «Ma come faccio a sapere quanto pesa qualche cosa che non so ancora quali dimensioni abbia?»; domanda più che lecita!

Si ricorre in questo caso a quelle che vengono dette dimensioni presunte e che si ricavano dall'esperienza, da similitudini con temi già affrontati o da quelle regolette empiriche che vedremo in seguito andando a trattare volta per volta i diversi elementi strutturali.

In generale per quanto riguarda i solai, attingendo dalla diversa manualistica nonché dalle schede tecniche delle ditte che forniscono componenti pre-assemblati si può ragionevolmente ritenere che, utilizzando travetti da 10cm e pignatte non collaboranti da 40cm, ci si troverà di fronte valori che si attesteranno come segue:

Dimensioni solaio in laterocemento (cm)			
h laterizio	h caldana (min 4cm)	h totale	Peso solaio (daN/m ²)
16	4	20	260
18	4	22	280
20	4	24	300
24	4	28	340

Per quanto riguarda i rimanenti elementi strutturali, trave, pilastro ed elemento di fondazione, si tratta di eseguire un semplice calcolo che prevede di moltiplicare il peso volumico, che per il C.A. si attesta a 2500daN/m³, per determinate dimensioni dell'elemento oggetto di studio; queste determinate dimensioni le definiremo a breve parlando di linearizzazione del carico.

Finiture ed intonaco

Una volta gettato un solaio si è realizzato lo scheletro che fisicamente si oppone alle azioni di carico ora bisogna rivestirlo per renderlo gradevole e funzionale; all'estradosso si procederà al getto del massetto di allettamento (circa 5cm) ed alla posa del rivestimento, tutto questo ha un peso che può essere ragionevolmente approssimato a **100daN/m²**, valore medio in cui il pavimento non è né di legno leggero ma neanche di pietra naturale!

Anche la parte inferiore deve essere rivestita, a questo si provvede con la stesura di intonaco e dello strato di finitura per un peso di circa **30daN/m²**.

Tramezzature

Anche in questo caso, come per le pavimentazioni ci troviamo di fronte ad un ventaglio abbastanza ampio di casistiche sia per quanto riguarda le dimensioni che i materiali, nonché la disposizione.

Tutto vero e corretto ma, sempre nello spirito concettuale del pre-dimensionamento, possiamo tranquillamente varare un peso medio di circa **100daN/m²**. Il valore viene fornito già espresso in peso su metro quadrato di solaio perché in questo modo congruente con le altre unità di misura.

3.2 – Area di influenza

Riprendiamo in esame la pianta della carpenteria che abbiamo disegnato nel capitolo precedente e cerchiamo di capire che cosa significa area d'influenza.

Anzitutto bisogna dire che questa è un'operazione di calcolo che va eseguita qualora stiamo effettuando il dimensionamento di un plinto, un pilastro, una trave od un solaio, si tratta in altri termini di quantificare il peso delle sovrastrutture che ognuno è chiamato a sostenere.

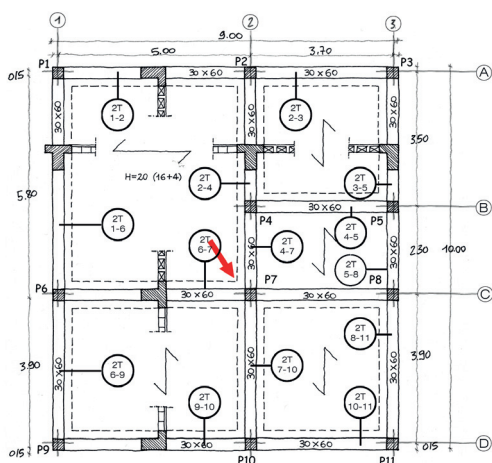


fig.10

può determinare l'area di influenza per una qualunque carpenteria o posizione del pilastro come ad esempio P6 (fig. 12 area B) la cui estensione è pari a 2,50x3,10m; od anche P11 con un'area di influenza di 1,95x1,85m (fig. 12 area C).

E' intuitivo che il pilastro P4 e P7 sia sottoposto ad un carico più gravoso di quello dei suoi colleghi limitrofi P2, P5, P8, P6 e P10, i quali a loro volta sono gravati ancor più dei rimanenti P1, P3, P9 e P11.

La cosa è assai semplice, prendiamo in esame P7, (indicato dalla freccia) è chiaro che la trave 2T/7-8 la quale sostiene il solaio distribuisce equamente il carico sui due pilastri, metà e metà (fig. 10).

Lo stesso fanno 2T/6-7 e le travi 2T/4-7 e 2T/7-10 (fig. 12); da questo si può infine determinare l'estensione dell'area di influenza pari a $(2,50+1,85) \times (1,15 \times 1,95)m$ (fig. 12 area A). Con le stesse considerazioni si

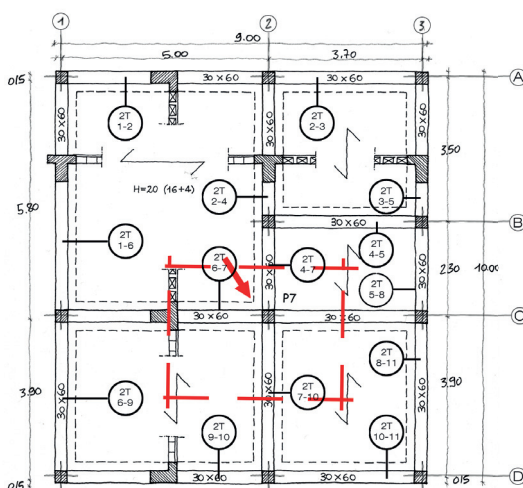


fig.11

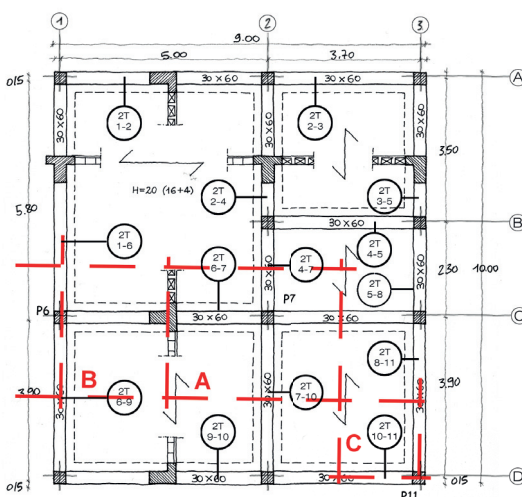


fig.12

3.3 – Linearizzazione dei carichi

Forse ci si ricorda ancora che nei corsi di statica e costruzioni, quando ci veniva fornito il diagramma statico di riferimento, il carico era espresso in daN/m (metro lineare di trave), questo valore è appunto ciò che dobbiamo calcolare.

Riprendiamo in mano la solita carpenteria e supponiamo che, dimensionato il solaio, ci si accinga a calcolare la trave 2T/2-5 le cui dimensioni abbiamo supposto 30x40cm (fig. 13); è stata quindi già effettuata l'analisi dei carichi che immaginiamo ci consegni un valore di 730daN/m².

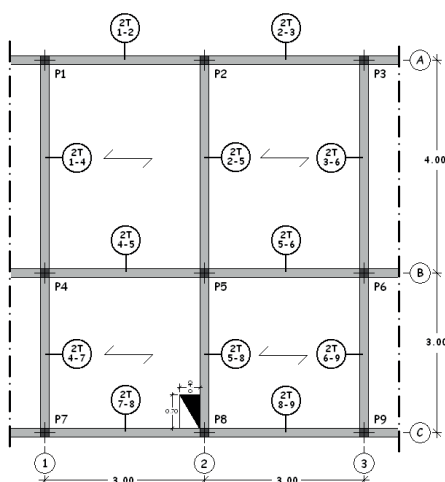


fig. 13

Si è determinata l'area del solaio che compete all'elemento strutturale, pari a mezza campata su di un lato e mezza campata su quello opposto, per cui l'area d'influenza ha una dimensione di 4,00m, ovvero l'interasse della trave nel senso verticale, mentre in direzione orizzontale la dimensione è pari alla somma della metà del solaio sul lato dx $3,00/2 = 1,50\text{m}$ e sul lato sx $3,00/2 = 1,50$ (l'uguaglianza è assolutamente casuale) per una superficie finale di $(1,50+1,50) \times 4,00 = 12,00\text{m}^2$.

Possiamo ora esprimere il valore del carico su metro lineare di trave, basta effettuare il prodotto fra il carico su metro quadrato e la dimensione di solaio ortogonale alla trave; il che si esprime nei seguenti termini:

$$730 \text{ daN/m}^2 \times (1,50+1,50)\text{m} = 2190 \text{ daN/m}^2$$

Per meglio fissare questo concetto chiave supponiamo che per un qualsivoglia motivo la parte destra abbia un carico pari a 730daN/m^2 mentre la parte sinistra registri un valore di 600daN/m^2 (fig. 14), in questo caso la situazione si risolve con la somma di due prodotti, ovvero:

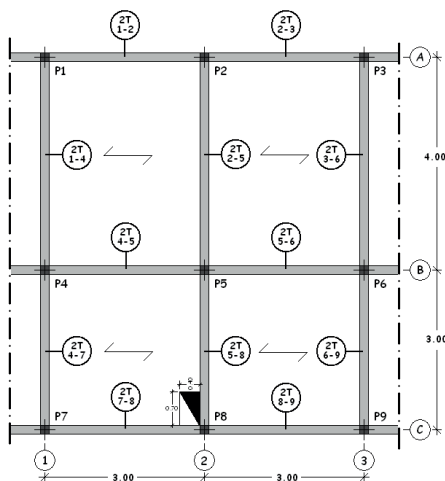


fig. 14

$$600\text{daN/m}^2 \times 1,50\text{m} + 730\text{daN/m}^2 \times 1,50\text{m} = 1995\text{daN/m}$$

Anche in questo caso l'uguaglianza fra le due dimensioni è da considerarsi del tutto casuale nella casistica reale non è infrequente che le due possano assumere valori diversi.

In entrambe i casi la cosa non si chiude qui, infatti se ci ricordiamo quanto letto nel capitolo 3.1 ai sovraccarichi va aggiunto il peso della stessa struttura in fase di dimensionamento, in altre parole quanto pesa, sempre in daN/m , la trave 2T/2-5 delle dimensioni presunte di $30 \times 40\text{cm}$.

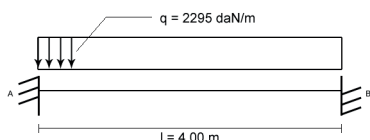
In questo caso il ragionamento è per certi versi ancora più semplice da comprendere, se volessimo sapere quanto pesa tutta la trave quello che faremmo sarebbe di moltiplicare il peso volumico per il volume del solido, ovvero:

$$2500\text{daN/m}^3 \times (0,30 \times 0,40 \times 4,00)\text{m}^3 = 1200\text{daN}$$

per dirla in altri termini questo è il peso di quattro metri di trave di sezione 30x40cm, ma a noi interessa quanto pesi un solo metro campione della stessa trave quindi la stessa espressione di cui sopra va modificata come segue:

$$2500\text{daN/m}^3 \times (0,30 \times 0,40)\text{m}^2 = 300\text{daN/m}$$

Ora abbiamo tutto, il peso proprio ed il carico la cui somma è lo scopo della nostra ricerca:



$$300 + 1995 = 2295\text{daN/m}$$

Con questo valore possiamo ora disegnare lo schema statico di riferimento necessario per proseguire nei calcoli.

Abbiamo imparato a fare l'analisi dei carichi ed il risultato che otteniamo è espresso in daN/m^2 , tuttavia questa non è un'operazione esclusiva dell'elemento trave ma di qualunque struttura che abbia l'aspetto di una trave e come questa si comporta, ed appunto il travetto non è altro che una piccola trave e quindi anche per lui deve essere effettuata la linearizzazione dei carichi; in teoria non cambia nulla, ogni travetto porta mezzo carico alla sua destra e mezzo carico alla sua sinistra.

Nella pratica è tutto assai più semplice di quanto visto per la trave, infatti se per questa occorre limitarsi ad un discorso teorico ed alla proposizione di alcuni esempi, vista la pluralità dei casi che si possono presentare; per quanto riguarda i solai si può, per così dire, ricorrere ad una soluzione standard.

I solai presentano diversa altezza e distanza tra le nervature ma, mentre sull'altezza è impossibile intervenire, per quanto riguarda la larghezza degli elementi di alleggerimento e dei travetti la scelta, dipende solo dal progettista; in altre parole il solaio che si consiglia di utilizzare, e che sarà adoperato per l'esecuzione dei calcoli, prevede l'utilizzo di travetti da 10cm e pignatte da 40cm.

Questo porta ad un solaio che ha interasse tra le nervature pari a 1,00m (fig. 15); il che significa esaminare un'area di soli 50cm quale sia il solaio, basta che si abbiano le dimensioni, e solo quelle, che abbiamo detto.

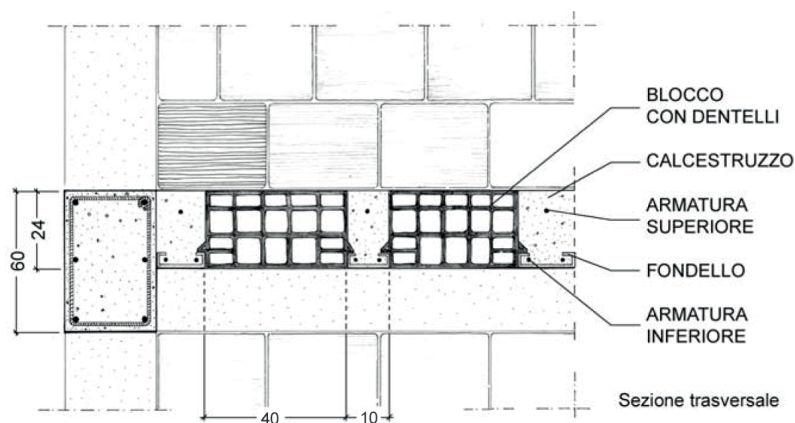


fig.15

3.4 – Esempio di analisi dei carichi

Vediamo come praticamente si esegue un'analisi dei carichi in relazioni ed un possibile tema, per lo scopo utilizziamo la carpenteria che abbiamo già visto nel capitolo precedent(fig. 16) e supponiamo che sia la risposta al seguente quesito d'esame:

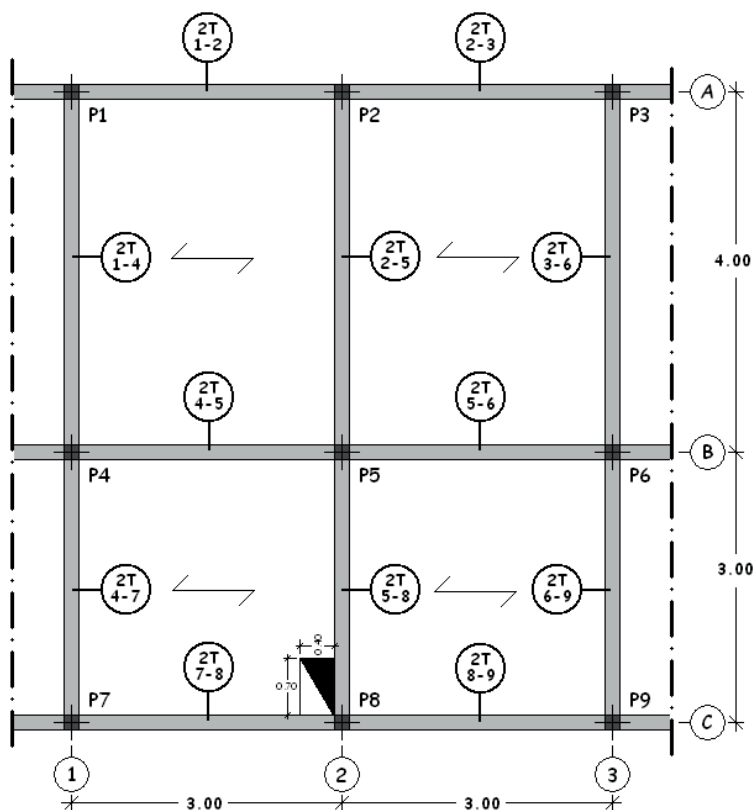


fig.16

È prevista l'edificazione di un lotto di dimensioni di 80x90 m per il quale le N.T.A. prevedono un indice d'edificabilità di $0,4\text{m}^3/\text{m}^2$ ed un'altezza massima di 8,00m; inoltre è servito da una strada pubblica con larghezza massima di 6,50m che costeggia uno dei lati dello stesso. Il candidato progetti un comprensorio di case di civile abitazione per cui deve prevedere uno spazio verde di pertinenza ed un'area esterna per il parcheggio. Le schiere dovranno essere dotate di un posto auto di pertinenza che a discrezione del candidato può essere ricavato anche ad un livello interrato.

Gli elaborati richiesti sono:

- Planovolumetrico 1:500
- Piante, prospetti e sezioni 1:200
- Dettagli costruttivi a scelta
- Dimensionamento strutturale

SVOLGIMENTO

Abbiamo disegnato la nostra tavola e non ci rimane che rispondere all'ultimo punto quindi realizziamo uno stralcio della pianta di carpenteria del secondo impalcato (fig. 16) di una o due schiere, si tratta di un solaio d'interpiano, e riportiamo le prescrizioni dei materiali; fatto questo si passa al pre-dimensionamento del solaio (lo vedremo meglio nel prossimo capitolo) che assumiamo pari a $16+4 = 20\text{cm}$ totali. Premesso questo possiamo procedere all'**analisi dei carichi del solaio interpiano**:

sovraccarico	200 daN/m ²
solaio 20 cm	260 daN/m ²
finitura (massetto+pavimento)	100 daN/m ²
intonaco	30 daN/m ²
tramezzature	100 daN/m ²
totale	690 N/m²

Tecnicamente la cosa potrebbe dirsi finita qui, ma siccome questo sforzo in più fra poche righe ci tornerà utile, eseguiamo anche l'**analisi dei carichi per il solaio di copertura non praticabile**:

sovraccarico	100 daN/m ²
solaio 20 cm	260 daN/m ²
finitura (massetto+pavimento)	100 daN/m ²
intonaco30	30 daN/m ²
totale	490 N/m²

Linearizziamo il carico (come l'operazione si compie è stato visto nel cap. 3.3) si eseguono alcuni schizzi a mano che vedremo anch'essi nel prossimo capitolo e si passa all'analisi dei carichi della trave che scegliamo nella 2T/2-5.

Come si è visto questa trave assume il carico di mezzo solaio alla sua destra e mezzo solaio alla sua sinistra ovvero $1,50 + 1,50 = 3,00\text{m}$ da "spalmare" lungo l'asse longitudinale della trave, a questo va aggiunto il peso proprio, linearizzato, della stessa che assumiamo di dimensioni $30 \times 50\text{cm}$ (come queste vengono definite sarà argomento del capitolo 5); quindi:

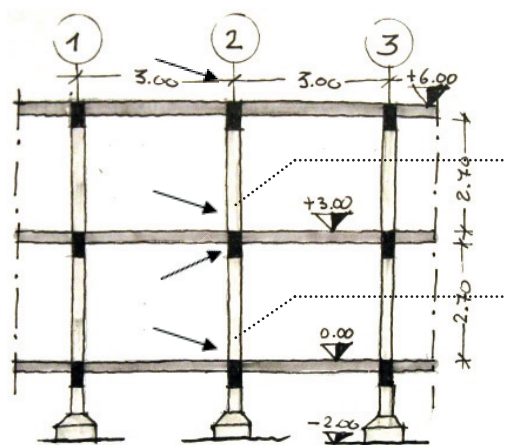
sovraccarico = $690 \times 3,00$	2070 daN/m ²
peso proprio = $2500 \times 0,30 \times 0,50$	375 daN/m ²
totale	2445 N/m²

Visto che l'area di competenza è la stessa come sono identiche le dimensioni della trave linearizziamo anche il carico della trave relativa al solaio di copertura:

sovraccarico = $490 \times 3,00$	1470 daN/m ²
peso proprio = $2500 \times 0,30 \times 0,50$	375 daN/m ²
totale	1845 N/m²

Anche qui si eseguono alcuni schizzi e si passa a calcolare il pilastro.

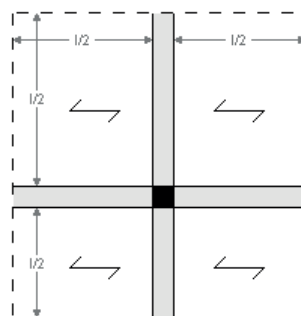
La carpenteria che abbiamo disegnato è riferita al secondo impalcato come indicato dalla linea di sezione (fig. 17), ora possiamo scegliere se dimensionare un pilastro del secondo livello o vogliamo andare a dimensionare il pilastro più basso e carico ovvero quello del primo livello. In questa scelta è la motivazione della doppia analisi dei carichi fatta per il solaio e per la trave, infatti se avessimo deciso di occuparci del pilastro P5 sarebbe necessario rifare l'analisi dei carichi per il solaio, se invece decidessimo di occuparci del pilastro P14 sarebbe necessario fare un'apposita analisi dei carichi per il solaio e la trave di copertura; ma siccome noi sappiamo quali sono le regole del gioco ci siamo premuniti e con poco sforzo, quando eravamo ancora in argomento, ci siamo anticipati il lavoro, quindi andiamo ad occuparci del pilastro P14.



P5

P14

fig. 17 - 18



Nota di servizio: come una trave sorregge due metà di un solaio così un pilastro centrale sorregge le quattro metà delle travi che vi convergono (fig. 18) per il resto nulla di complicato si tratta di esprimere tutti i carichi in daN in funzione dell'area d'influenza, senza scordarsi di aggiungere il peso presunto dei pilastri che supponiamo di dimensioni 30x30:

solaio di copertura = 490 x 10,50	5145 daN
travi di copertura = 375 x (1,50+1,50+1,50+2,00)	2437 daN
pilastro P5 = 2500 x 0,30 x 0,30 x 2,70	607 daN
solaio interpiano = 690 x 10,50	7245 daN
travi interpiano = 375 x (1,50+1,50+1,50+2,00)	2437 daN
pilastro P14 = 2500 x 0,30 x 0,30 x 2,70	607 daN
totale	18478 daN

Come si può notare non abbiamo riportato i dati relativi ai carichi del solaio di terra, infatti le nostre intenzioni sono limitate al dimensionamento della sezione di base del pilastro P14, se volessimo invece occuparci direttamente delle dimensioni dell'ultimo dei pilastri il c.d. pilastro nano (fig. 17) anch'esso delle dimensioni di 30x30cm e con un'altezza di circa 70cm, l'analisi dei carichi così si completa:

solaio di copertura = 490 x 10,50	5145 daN
travi di copertura = 375 x (1,50+1,50+1,50+2,00)	2437 daN
pilastro P5 = 2500 x 0,30 x 0,30 x 2,70	607 daN
solaio interpiano = 690 x 10,50	7245 daN
travi interpiano = 375 x (1,50+1,50+1,50+2,00)	2437 daN
pilastro P14 = 2500 x 0,30 x 0,30 x 2,70	607 daN
solaio di terra = 690 x 10,50	7245 daN
travi di terra = 375 x (1,50+1,50+1,50+2,00)	2437 daN
pilastro nano = 2500 x 0,30 x 0,30 x 0,70	157 daN
totale	28317 daN

Quanto fatto fin qui, una volta inseriti gli schizzi a mano che vedremo a breve, si può già reputare più che sufficiente; ma siccome abbiamo ancora tempo, spazio sul foglio e vogliamo finire quanto iniziato, effettuiamo l'analisi dei carichi della fondazione che scegliamo essere a plinto con dimensioni di 1,50x1,50x0,70m; siamo quindi in grado di determinare il peso ultimo che si scarica sul terreno:

riporto al pilastro nano	28317 daN
fondazione = 2500x1,50x1,50x0,70	3937 daN
totale	32254 daN

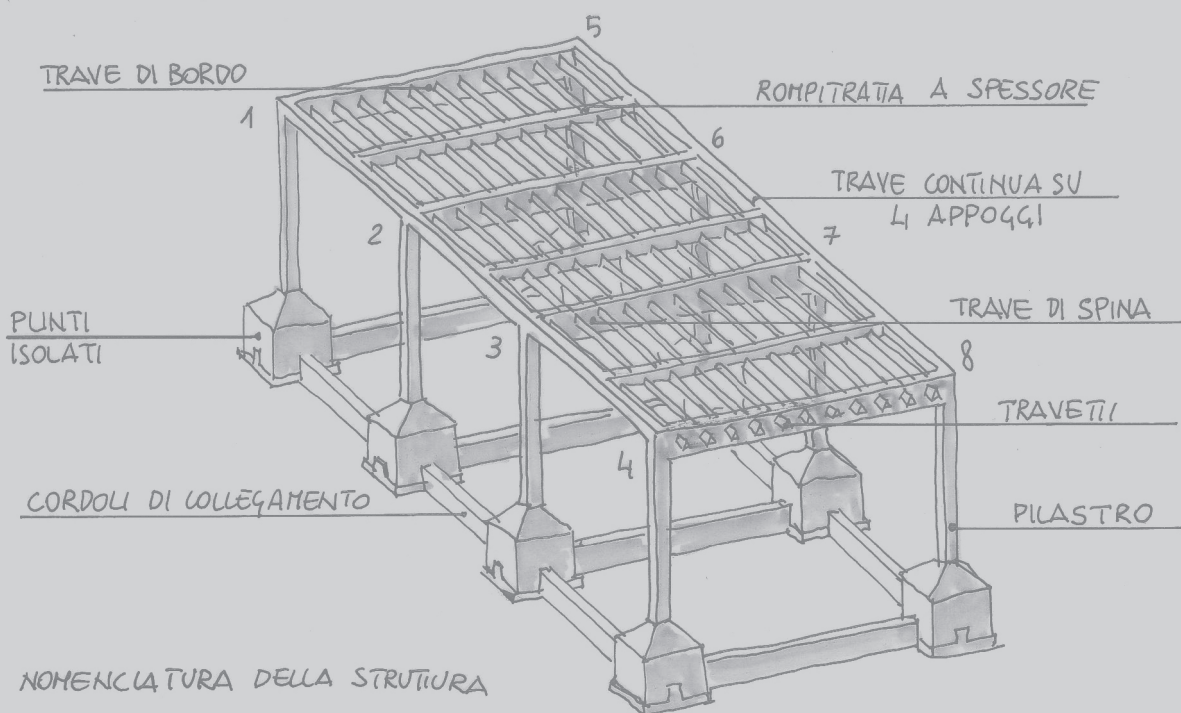
Questo è quanto il terreno deve essere in grado di sopportare; in seguito vedremo come sia possibile effettuare una completa analisi dei carichi per un edificio di modeste dimensioni, con un poco di esperienza e di esercizio, si è tranquillamente in grado di eseguire il tutto in circa 20/30 minuti.

AVVERTENZE

Va comunque detto che un'analisi completa può essere effettuata, tempo permettendo, per strutture relative a tipologie modeste non tanto in estensione planimetrica quanto in altezza; infatti è facilmente comprensibile che la difficoltà maggiore è nella diversa situazione in cui possono trovarsi differenti solai impilati l'uno sull'altro, nonché nel riportare senza errori la somma delle azioni sui diversi pilastri e sulle fondazioni.

Possiamo quindi dire che un'analisi del genere la si può eseguire senza tanti patemi, per case unifamiliari isolate, bi e tri familiari, schiere, palestre, cinema teatri (limitatamente agli spazi accessori di più modesta estensione delle campate), case di riposo, piccoli alberghi o motel, scuole, e quanto di simile ma non oltre i tre piani massimo; per le altre tipologie quali l'edilizia residenziale in linea o a torre, e più in generale tutto ciò che è sopra ai due/tre livelli, l'analisi può tranquillamente limitarsi a quanto succede su di un solo impalcato relativamente al solaio ed alla trave e se siamo bravi al pilastro – spingersi oltre con le lancette che corrono e l'estensione del tema non è molto prudente.

Come più volte già espresso nel corso del presente capitolo tutti i concetti ed espressioni di calcolo sono liberamente applicabili, fatte le dovute correzioni, alla quasi totalità dei casi possibili.



parte 2

Quanto esposto nella prima parte comprende sia nozioni di conoscenza generale sulla materia (Cap. 1), che aspetti direttamente legati alla seconda prova scritta (Cap. 2 e 3), di carattere indipendente da aspetti più specifici, comunque sempre riconducibili a strutture in C.A. – ovvero:

4 SOLAI

5 TRAVI E SBALZI

6 PILASTRI

7 FONDAZIONI

La trattazione anche se articolata in capitoli separati, prevede di dimensionare una intera struttura partendo dalla sua sommità fino al suo attacco a terra; il fine è quello di dare sì una visione organica di come tutto il pacchetto strutturale si comporta, ma anche di dare la possibilità a chi deve affrontare la prova scritta di dimensionamento, di poter estrapolare un solo elemento strutturale e procedere al suo calcolo – come richiesto dalle commissioni

In questo capitolo, come in quelli che seguiranno, andremo in parte a riprendere nozioni già viste ma che d'ora in poi verranno contestualizzate caso per caso in funzione dell'elemento strutturale che staremo esaminando; in questo modo anche nozioni che sono rimaste lì appese senza lasciare il segno troveranno una ragion d'essere.

4.1 – Analisi dei carichi

Come visto nel capitolo precedente l'analisi dei carichi è composta in generale da due apporti, il peso proprio della struttura ed i sovraccarichi – accidentali e permanenti -.

Per conoscere il peso proprio occorre conoscere le dimensioni della struttura quindi dobbiamo essere in grado di definirle con una certa veridicità, i solai in generale rispondono ad una regoletta semplicissima ovvero lo **spessore può assumersi come pari ad 1/25** della luce; in relazione alla tabella riportata nel capitolo 3.1 possiamo aggiungervi un'ulteriore stringa con le luci approssimative:

Dimensioni del solaio in laterocemento (cm)				
h laterizio	h caldana (min 4 cm)	h totale	luci approssimative	peso solaio (daN/m ²)
16	4	20	< 400-500	260
18	4	22	450-550	280
20	4	24	500-600	300
24	4	28	600-700	340

Questo dà risposta a come, una volta disegnata la pianta della carpenteria, possiamo dire che spessore ha un solaio, certo nella realtà è una dimensione che deve essere verificata ed armata ma per quanto ci occorre può andare bene così.

Detto questo facciamo alcune precisazioni sul rapporto fra sovraccarichi e solaio, quanti ce ne possiamo trovare di fronte?

■ Solaio di copertura

Praticabile

Non praticabile

■ Solai di interpiano

■ Solai di fondazione

In laterocemento

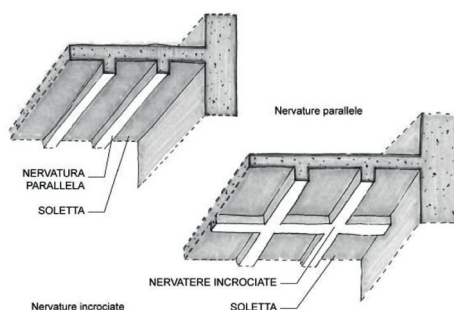
Soletta in C.A.

Come forse sarà già chiaro, anche in fase di predimensionamento dobbiamo avere ben chiaro quale sia la situazione complessiva dei solai che compongono il nostro progetto; perché qualora si riesca a giungere alla definizione dei pilastri le mancanze possono farsi sentire. Va infatti tenuto conto che ogni intervento, anche il più semplice come un edificio ad un solo livello, è quantomeno composto di due solai, quello di calpestio e quello di copertura che possono anche essere eseguiti con diversa tecnologia.

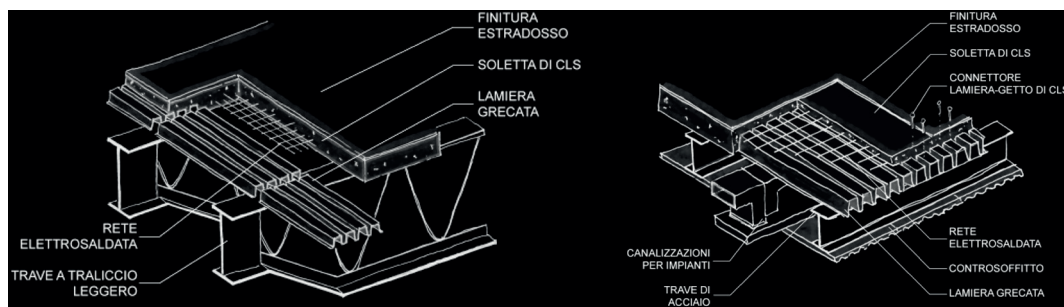
La differenza che a noi interessa è il legame fra tipo, sovraccarico e peso complessivo, ad esempio in una piccola struttura come una casa a schiera possiamo trovarci di fronte a ben tre tipi diversi di solaio il che - come è logico - non solo comporta cambiamenti ai sovraccarichi ma anche ai pesi propri. Il solaio di copertura potrà essere ad esempio di tipo non praticabile eseguito in laterocemento con massetto delle pendenze e semplice guaina di impermeabilizzazione; quello di calpestio, simile a quello di copertura, ma senza impermeabilizzazione sostituita dal rivestimento e con il sovraccarico previsto per le civili abitazioni, quello di fondazione eseguito in un'unica soletta in C.A. e massetto d'usura.

Oltre a questo va aggiunto che nel panorama tecnologico si possono trovare una pletura di possibilità che rimane complicato trattare in maniera esaustiva in questa sede – comunque sia, in generale possiamo dire che la situazione può essere focalizzata in questi termini:

1 SOLAI MONOLITICI che sono costituiti dal solo getto in C.A. e presentarsi con spessore costante od essere frutto dell'unione di una soletta sottile e di un sistema, mono o bidirezionale, di travi che da luogo alla c.d. soletta nervata

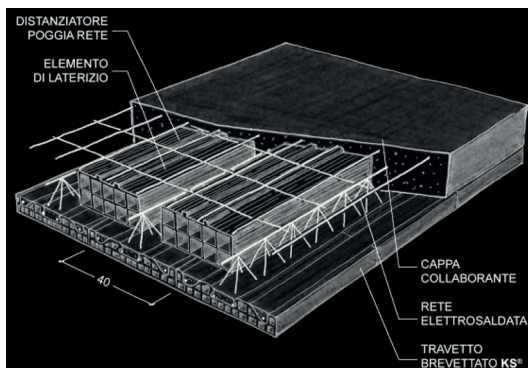


2 SOLAI IN C.A. E LAMIERA GREGATA, sono realizzati con un foglio di lamiera gregata che costituisce lo stampo del getto stesso andando a creare una nervatura di irrigidimento – qualora si utilizzi una lamiera ad aderenza migliorata la stessa va ad armare il solaio proprio nella zona tesa

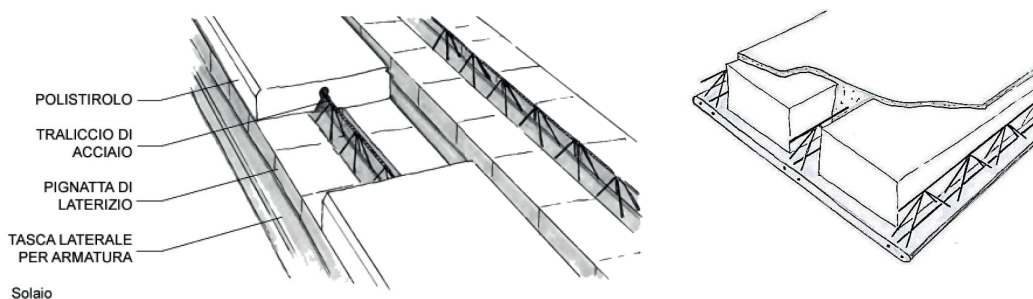


3 SOLAI IN LATEROCEMENTO

sono fra i più diffusi e risultano formati da degli elementi strutturali che sono i travetti e da degli elementi di alleggerimento a perdere che sono le pignatte; i travetti possono essere prefabbricati o gettati in opera, normali ed in C.A.P., mono o bidirezionali – il risultato finale è molto simile a quello dei solai monolitici la differenza sta nel fatto che in questo caso gli elementi di alleggerimento sono a perdere



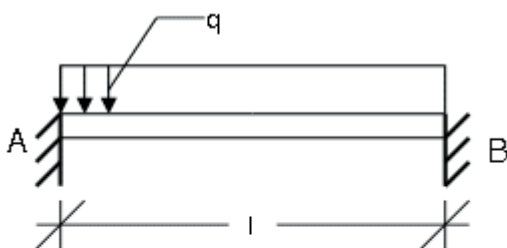
4 SOLAI A PREDALLE, ed altri, fanno parte di quella galassia di strutture prefabbricate che vanno a rimpinguarsi giorno per giorno di nuovi tipi – in generale sono costituiti da una soletta pre-armata e da elementi di alleggerimento a perdere in laterizio od anche in polisterolo, il tutto da completare con un getto da eseguire a piè d'opera, a questi sono da affiancare tutti i casi per così dire ibridi frutto della fusione di diversi tipi.



Per quanto ci riguarda limiteremo il nostro campo d'interesse ai soli solai in laterocemento sia per ovvi motivi di conoscenza sia perché questa tipologia risulta essere quella che meglio si adatta alle diverse casistiche dell'esame di stato; e quindi ricapitolando:

- decidiamo che impalcato proporre
- disegniamo la pianta della carpenteria con tessiture, interassi e quantaltro
- in funzione dell'interasse con la regoletta del 1/25 calcoliamo lo spessore
- effettuiamo l'analisi dei carichi in daN/m^2
- linearizziamo (per travetti con interasse 0,50m basta moltiplicare appunto per 0,50)
- disegniamo i diagrammi statici di riferimento
- schizzi con la disposizione delle armature e dimensioni di massima

4.2 – Diagrammi statici di riferimento



Nei differenti step troviamo «...diagrammi statici di riferimento»; una struttura per quanto complessa può essere facilmente scomposta negli elementi semplici che abbiamo visto nel capitolo 1; un solaio in particolare è riferibile allo schema di una trave doppiamente incastrata con carico uniformemente ripartito.

Diamo un'occhiata ai momenti flettenti:

$$M_A = M_B = (q \cdot l^2)/12$$

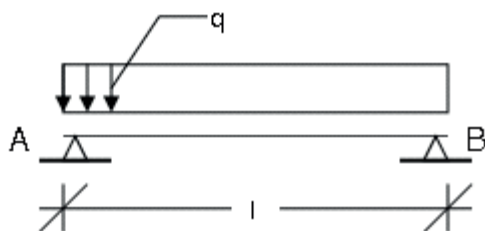
$$M_{MAX} = (q \cdot l^2)/24$$

come si vede il momento oscilla fra un certo valore in mezzeria ed un altro, pari al doppio, all'incastro. Ricordiamo che il momento flettente innesca un fenomeno di trazione al lembo inferiore in mezzeria ed a quello superiore all'incastro. Leggendo il diagramma dei momenti, procedendo verso gli incastri la situazione va via via diminuendo fino ad invertirsi, questo significa che se l'armatura si oppone agli sforzi di trazione innescati dalla flessione, questa deve essere disposta in basso in mezzeria e superiormente agli incastri.

Ora anche se non sappiamo quanta armatura è necessario disporre è chiaro che, in linea di massima, a momento doppio corrisponde una quantità di ferro doppia. Questo però nella realtà non avviene mai. Perché? Il momento di una trave appoggiata ha valore massimo in mezzeria di $M_{MAX} = (q \cdot l^2)/8$ e nullo agli estremi essendovi delle cerniere; quindi nel complesso abbiamo tre momenti, uno massimo $(q \cdot l^2)/8$, uno minimo $(q \cdot l^2)/24$ ed uno medio $(q \cdot l^2)/12$.

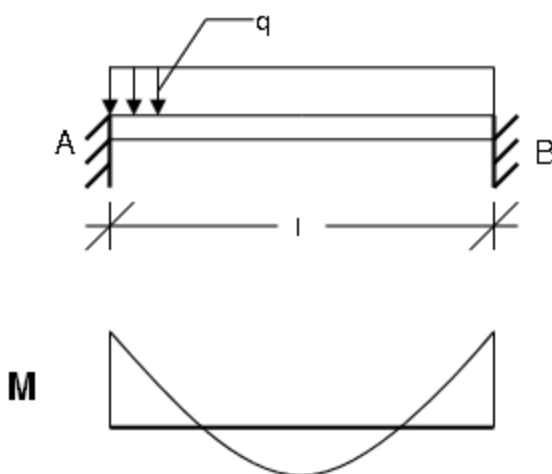
Quello che noi abbiamo considerato un incastro perfetto nella pratica non lo è, sia per motivi esecutivi che di discontinuità, il punto debole di un oggetto – anche monolitico – è dove questo si piega; in pratica si tratta di un incastro imperfetto o semi-incastro, questo vuol dire che il diagramma deve essere una via di mezzo fra quello della trave incastrata e

quella incernierata.



Prendiamo in esame per primi gli estremi, è chiaro che incastro o semi-incastro che sia, deve esserci un momento che per praticità, ed a favore di sicurezza, assumiamo pari al caso più gravoso, quello dell'incastro perfetto [$M_A = M_B = (q \cdot l^2)/12$] in mezzeria applichiamo lo stesso ragionamento, fra i tre momenti a

disposizione scartiamo quello relativo all'appoggio, per imperfetto che sia è pur sempre un incastro e mai una cerniera; quindi la scelta si restringe ai valori medio e minimo, in favore di sicurezza scegliamo il valore medio ovvero $(q \cdot l^2)/12$. Quindi ci troviamo di fronte ad una situazione di comodo così modificata:



$$M_A = M_B = (q \cdot l^2)/12$$

$$M_{MAX} = (q \cdot l^2)/12$$

Questo spiega perché sia al nodo che in mezzeria, le travi presentano la stessa quantità di armatura e lo stesso vale per i travetti.

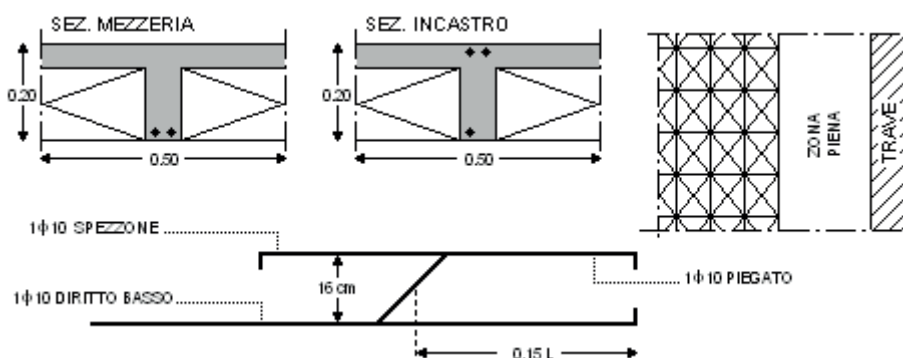
Per quanto concerne il diagramma del taglio, e la sua variazione, questo non subisce alcun aggiustamento, bensì si mantiene inalterato.

4.3 – Rappresentazione e disegno delle armature

Ora occupiamoci degli schizzi.

Lo scopo, non è quello di fornire una distinta dei ferri con lunghezze piegature e quant'altro, ma è di comunicare la nostra conoscenza dei problemi, degli sforzi e di come ci si oppone a questi. Supponiamo che ci si stia occupando di un solaio gettato in opera e che quindi le armature vengono tagliate e posate a piè d'opera questo significa che dobbiamo sapere come sono fatte.

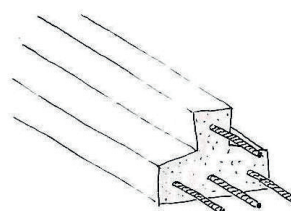
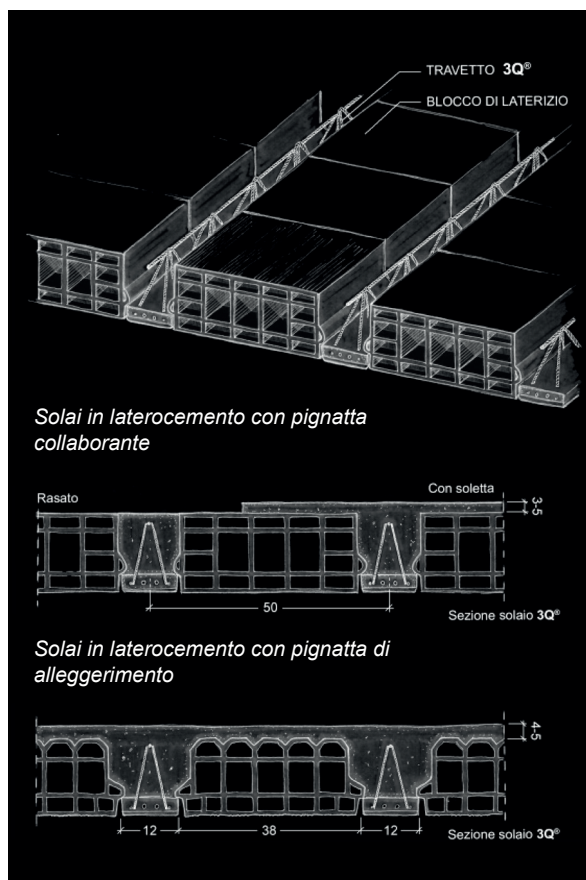
Si ragiona come per una trave, in mezzeria va posizionato tanto ferro quanto all'incastro, immaginando che siano necessari $2\phi 10$ per opporsi alle tensioni di trazione, i diagrammi si presentano come segue:



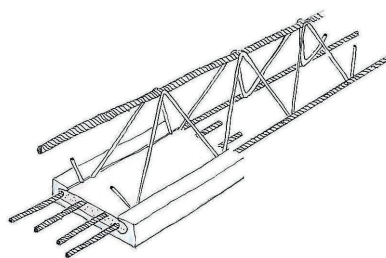
Come si vede dei due ferri che corrono in basso nella sezione di mezzeria una barra viene piegata e portata sopra, quindi ulteriormente integrata da uno spezzone dello stesso diametro. Nella piccola pianta al lato vi è rappresentata una zona piena di circa 0,15xl per contrastare l'inversione dei momenti, ma cosa significa?

Con l'inversione delle tensioni di trazione, quelle di compressione seguono la stessa sorte e quindi se in mezzeria l'area compressa è superiore, all'incastro si trova in quella inferiore. Ma mentre in mezzeria, grazie alla soletta si ha sufficiente sezione di calcestruzzo per opporsi alla compressione il solo spessore del travetto è di circa metà della sua altezza non sono sufficienti quando si giunge all'incastro, per questo senza ulteriori complicazioni di calcolo si procede al getto di una zona piena, che nella realtà del cantiere si ottiene levando un paio di pignatte.

Quello mostrato in esempio è un solaio interamente realizzato a piè d'opera, oggi diverse case sono in grado di fornire solai delle più diverse tipologie per dare risposta a tutte le normali necessità del progettista fra questi ricordiamo il solaio in laterocemento con travetti a traliccio e fondello in laterizio prefabbricati od in C.A.P ed elementi in cotto di alleggerimento o collaboranti:

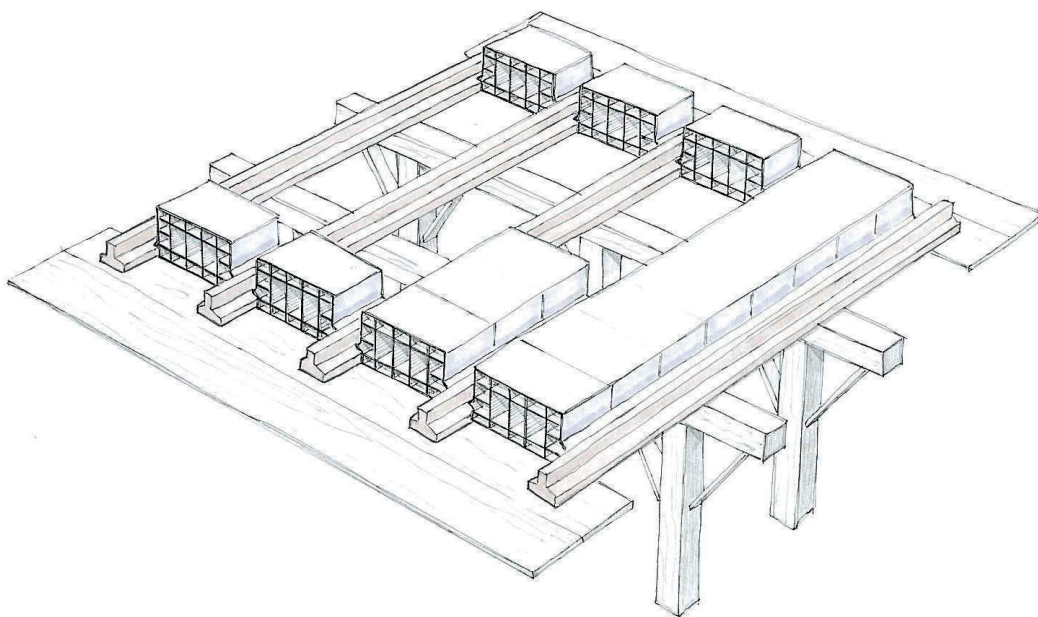


Travetto in C.A.P.



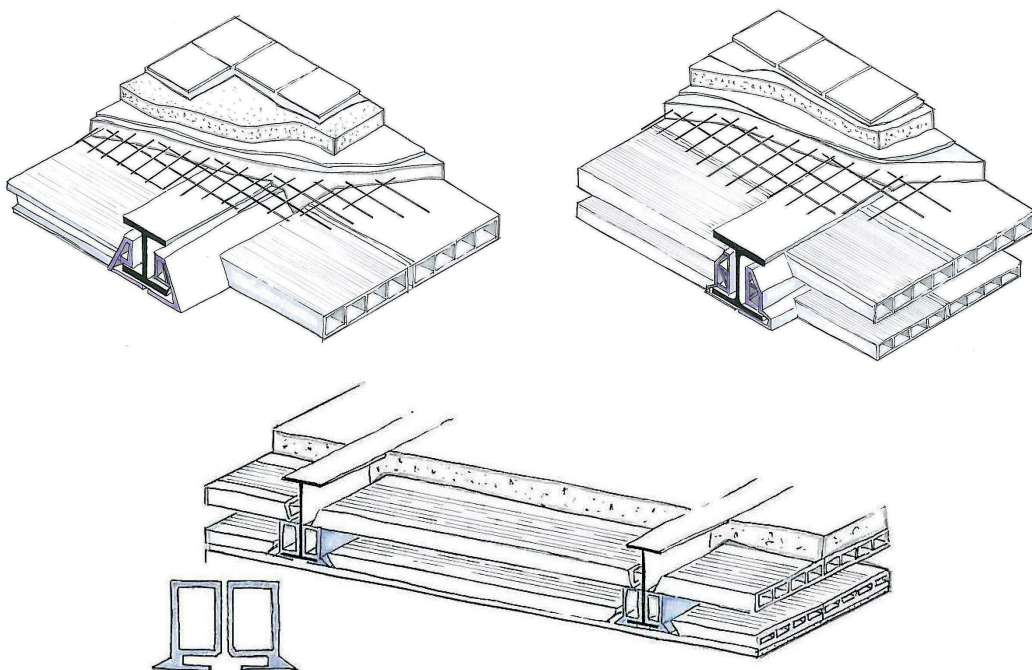
Travetto a traliccio prefabbricato con fondello in laterizio

La possibilità di ricorrere a strutture in parte prefabbricate rende la realizzazione dell'opera più rapida ed economicamente vantaggiosa:

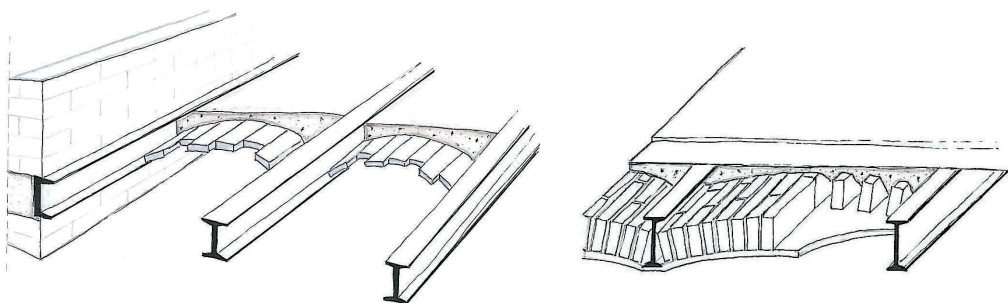


Vi è inoltre la possibilità di ricorrere a strutture c.d. miste in acciaio e laterizio fra le quali ricordiamo:

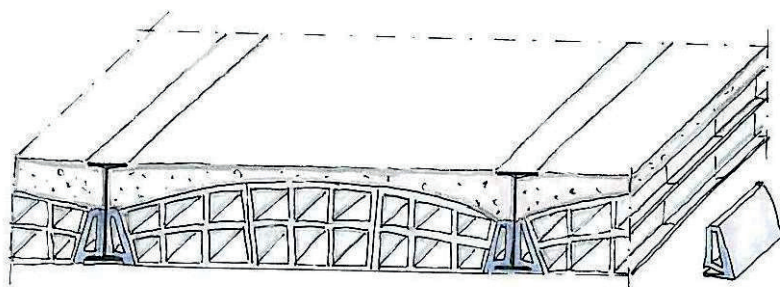
■ Solai in profilati e tavelle o tabelloni



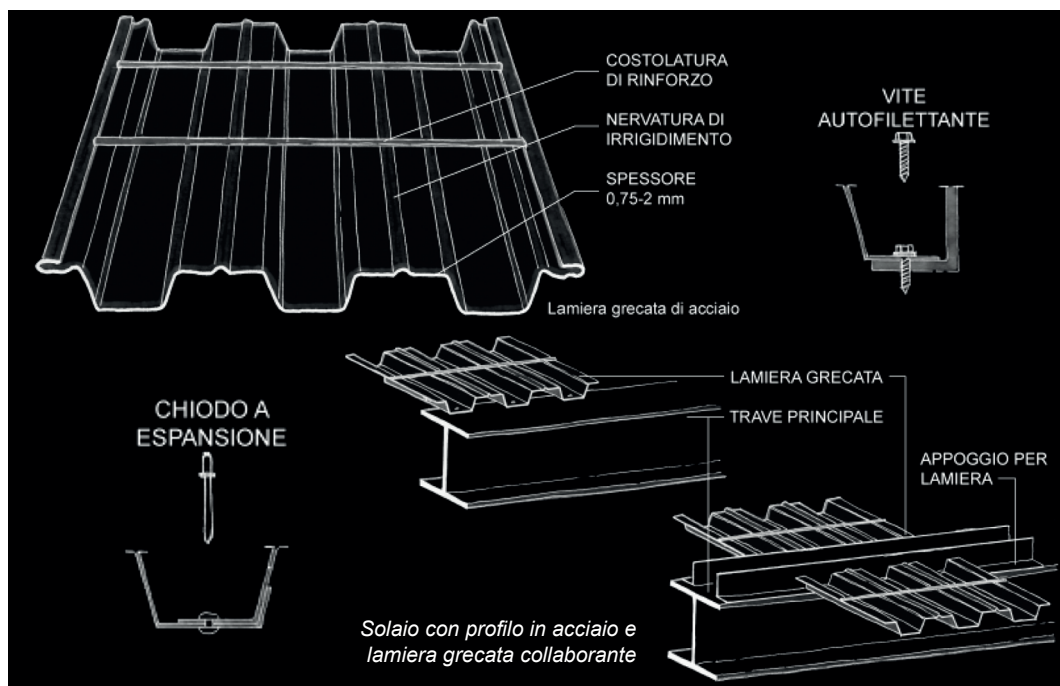
■ Volte di mattoni in foglio od a coltello



■ Solai in profili e volterrane



Inoltre possiamo cambiare completamente tecnologia e rivolgerci a strutture in carpenteria metallica con lamiere grecate collaboranti e non:



4.4 – Dimensionamento di un solaio a travetti prefabbricati

Quello che abbiamo analizzato fino ad ora è un solaio interamente realizzato a piè d'opera, ma come si è visto la tecnologia offre diverse opzioni e tra queste la più diffusa è quella dei solai in laterocemento costituiti da travetti prefabbricati con fondello in laterizio ed elementi di alleggerimento in laterizio, il tutto da completare con un getto di conglomerato cementizio.

La scelta di questa tecnologia prevede dei passaggi leggermente diversificati; infatti in questo caso siamo noi progettisti a scegliere il prodotto ma fra una casistica ristretta fornita dai fabbricanti dei travetti.

Questo, sotto certi aspetti, semplifica la cosa in quanto si tratta di calcolare il momento d'esercizio, detto appunto momento di calcolo MC, e confrontarlo con il cosiddetto momento di servizio MS fornito dal costruttore per ogni suo specifico prodotto; vediamo un esempio.

Riprendiamo l'analisi dei carichi del solaio di interpiano fatta al capitolo precedente:

sovraccarico.....	200 daN/m ²
solaio 20 cm.....	260 daN/m ²
finitura (massetto+pavimento).....	100 daN/m ²
intonaco.....	30 daN/m ²
tramezzature.....	100 daN/m ²

TOTALE 690 daN/m²

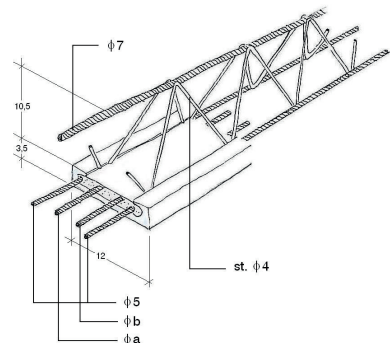
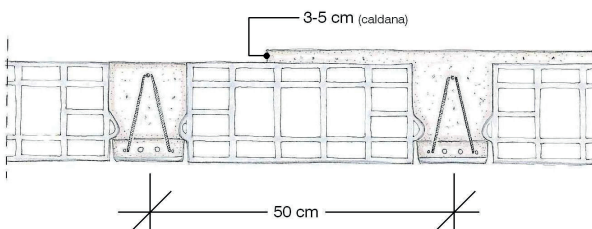
linearizziamo per un interasse tra i travetti di 0,50 m:

$$q = 690 \times 0,50 = 345 \text{ daN/m}$$

e calcoliamone il momento per una luce pari a 3,00 m:

$$M_{\text{MAX}} = M_C = (q \cdot l_2^2)/12 = (345 \cdot 3,00^2)/12 = 259 \text{ daNm}$$

Scelto fornitore e modello del solaio, nel nostro caso supponiamo di far riferimento ad un Celersap traliccio R 38/50, si prende la tabella a questo relativo fornita dal produttore e si



Solaio realizzato con elementi prefabbricati tipo **Celersap - traliccio R 38/50**

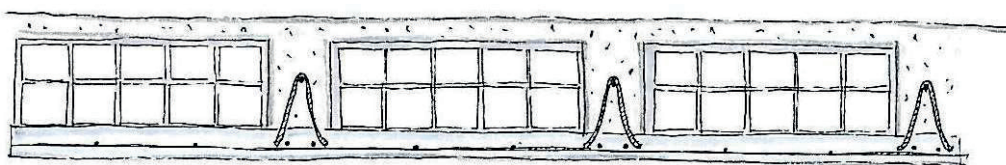
Tabella per dimensionamento di solaio per confronto diretto tra momento di calcolo M_c e momento di servizio M_s ; tale che $M_c < M_s$

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE				MOMENTI MAX DI SERVIZIO M_s (kgm) Riferiti alla striscia di solaio larga 1m $\sigma_l = 65$ - $\sigma_c = 85$ - $\sigma_s = 2400$												CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA SEZIONE TUTTA REAGENTE LARGA 1m					
Altezza	Peso travi e blocchi	Congl. per getto	Peso solaio in opera																A (cm ²)	Z (cm)	J (cm ⁴)
H cm	Kg/m ²	l/m ²	Kg/m ²																		
12	+3	52	200	236	464	561	675	805	963	1117	1308	1491						894	6,27	19453	
	+4		225	254	501	605	728	869	1040	1206	1413	1611						994	6,59	23589	
	+5	72	250	273	537	650	782	934	1117	1296	1518	1731						1094	6,94	28169	
16,5	+0	33	165	265	524	633	763	909	1084	1222	1289	1345						784	7,96	21615	
	+3	63	240	319	630	761	917	1095	1311	1521	1782	2036						1084	8,34	41237	
	+4	73	265	338	666	806	971	1159	1388	1611	1887	2154						1184	8,59	48399	
	+5	83	290	356	703	851	1025	1224	1466	1701	1993	2275						1284	8,88	56031	
20	+0	42	195	330	653	789	948	1129	1349	1565	1799	1876						899	9,61	36228	
	+3	72	270	384	759	918	1106	1321	1582	1838	2156	2465						1199	9,83	64232	
	+4	82	295	403	796	963	1160	1386	1660	1927	2259	2579						1299	10,04	74095	
	+5	92	320	422	833	1008	1214	1451	1738	2018	2365	2700						1399	10,28	84413	
25	+0	55	240	423	838	1014	1222	1458	1742	2020	2365	2699						1113	12,06	70287	
	+3	85	315	478	944	1142	1377	1645	1972	2293	2692	3078						1413	12,18	113952	
	+4	95	340	496	981	1187	1431	1710	2049	2380	2792	3190						1513	12,34	128976	
	+5	105	365	515	1018	1232	1485	1775	2128	2471	2898	3310						1613	12,55	144454	
ARMATURA INFERIORE TRALICCIO				2 ϕ 5												Distanza asse neutro da bordo superiore					
ARMATURA INTEGRATIVA				ϕa	5	6	7	8	8	10	10	12						Area della sezione	Momento d'inerzia		
				ϕb	5	6	7	8	10	10	12	12						da bordo superiore			
SEZIONE PER LA STRISCIA DI 1m A = cm ²				0,785	1,57	1,916	2,324	2,796	3,361	3,926	4,618	5,309									

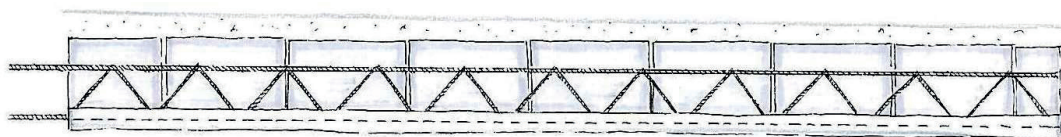
vede che per un solaio di $16+4 = 20$ cm (in grigio chiaro) il momento di servizio M_s immediatamente utile è pari a 338 daNm; e procedendo verticalmente nella colonna vediamo che l'armatura principale è costituita da $2\varnothing 5$ e non è prevista armatura integrativa.

Supponiamo, a favore di chiarezza, che per qual si voglia motivo il risultato relativo al momento di calcolo fosse 1200 daNm, in questo caso il valore del momento di servizio più prossimo (in grigio scuro) è di 1388 daNm; questo comporta che i nostri travetti oltre ad essere forniti dei canonici $2\varnothing 5$, saranno dotati di un'armatura integrativa che prevede in posizione a $1\varnothing 8$ ed in posizione b $1\varnothing 10$.

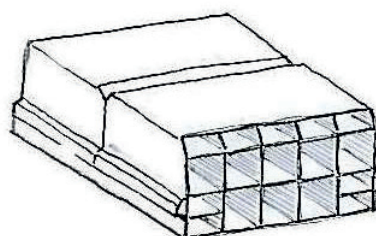
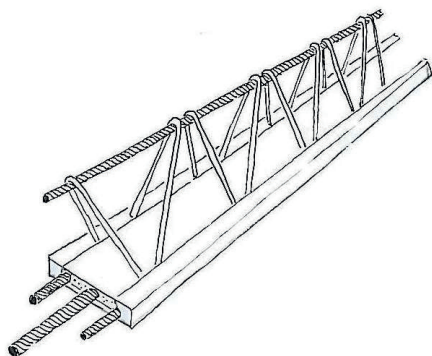
Come per il solaio in laterocemento completamente realizzato in opera, concludiamo l'elaborato proponendo alcuni disegni e note esplicative delle scelte tecnologico-costruttive effettuate.



Sezione trasversale



Solaio longitudinale



Travetto prefabbricato con fondello in laterizio e pignatta di alleggerimento

Questo metodo che possiamo anche definire tabellare, non prescinde da una considerazione importante, ovvero che le tabelle non sono sempre valide ed intercambiabili fra loro bensì specifiche per ogni produttore e prodotto; questo comporta che, come si esegue la prescrizione dei materiali per calcestruzzo ed acciaio, qui si faccia altrettanto per il solaio, avendo l'accortezza di riportare le specifiche di prodotto e produttore cui si sta facendo riferimento.

4.5 – Dimensionamento di un solaio in lamiera grecata

Delle varie soluzioni tecnologiche esposte, un'altra delle più frequentemente adottate è quella che prevede l'utilizzo di elementi preformati, la lamiera grecata, in acciaio e getto di conglomerato.

In rete è facilmente reperibile una vasta offerta di lamiere grecate cui attingere corredate dalle relative schede tecniche che raccontano le caratteristiche statiche e tecniche di ognuna, più in generale possiamo dire che esistono due macrogruppi:

- **lamiere grecate lisce:** utilizzate come semplice cassaforma a perdere per l'esecuzione del getto
- **lamiere grecate ad aderenza migliorata:** (dette *Hi-bond*) che oltre a fornire una cassaforma per il getto, aderiscono a questo grazie a delle asperità presenti sulla superficie diventando una sorta di armatura in zona tesa.

Per la nostra trattazione utilizzeremo una delle lamiere più generiche e diffuse, ovvero la lamiera grecata liscia per solai non collaborante del **tipo A 55/P 600** (in cui il numero seguente la A indica l'altezza, 55 mm, e quello la P il c.d. passo utile del foglio, 600 mm); limitandoci solamente a verificare che la freccia massima di inflessione sia inferiore a quella ammissibile – vediamo come.

Supponiamo di dover progettare un solaio in lamiera grecata tipo A 55/P 600 non collaborante e getto di conglomerato organizzato in due campate di luce pari a 1.30 m per dei locali destinati a civile abitazione; procediamo anzitutto alla solita analisi dei carichi:

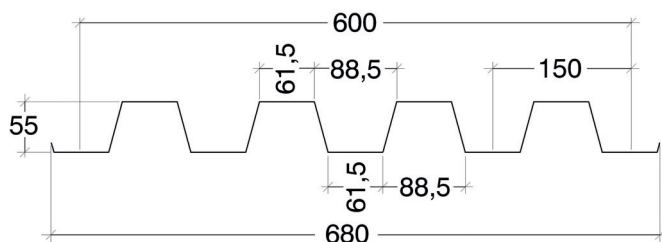
• sovraccarico.....	200 daN/m ²
• solaio	200 daN/m ²
• finitura (massetto+pavimento).....	100 daN/m ²
• intonaco.....	30 daN/m ²
• tramezzature.....	100 daN/m ²

TOTALE	630 daN/m²
--------	------------------------------

Ipotizziamo di utilizzare una lamiera di spessore 0,60 mm e dalla tabella per le lamiere tipo A 55/P 600, ricaviamo i parametri **J** e **W** a questa relativi:

Tipo A55/P 600; $s = 0,6 \text{ mm}$ $\left\{ \begin{array}{l} J = 38,95 \text{ cm}^4/\text{m} \\ W = 10,78 \text{ cm}^3/\text{m} \end{array} \right.$

Caratteristiche statiche e dimensionali di lamiere grecate per solai non collaboranti tipo: **A 55/P 600**.



Spessore	mm	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5
Peso	Kg/m ²	7,85	0,15	10,45	13,10	15,70	19,80
Peso	Kg/m	4,71	5,50	6,28	7,85	9,42	11,77
J	cm ⁴ /m	38,95	47,72	55,13	70,66	86,33	109,25
W	cm ³ /m	7,85	13,29	15,75	21,08	26,67	34,72

Nel seguente schema sono stati raccolti il valore del momento e della freccia d'inflessione secondo differenti configurazioni ovvero nel caso di campata semplice, due campate o tre campate; e ne estrapoliamo l'espressioni che rappresentano la nostra ipotesi ovvero quelle per strutture di due campate su tre appoggi:

N° appoggi	Momento	Freccia max	Freccia amm
	$\frac{q l^2}{8}$	$\frac{5}{384} \frac{q l^4}{E J}$	$\frac{1}{200} l$
	$\frac{q l^2}{8}$	$\frac{3}{384} \frac{q l^4}{E J}$	
	$\frac{q l^2}{10}$	$\frac{3}{384} \frac{q l^4}{E J}$	

$$M = (q \cdot l^2)/8$$

$$M = (630 \cdot 1,30^2)/8 = 133 \text{ daNm} = 13300 \text{ daNcm}$$

$$f_{\max} = (3/384) \cdot [(1,33 \cdot 130^4)/(2100000 \cdot 38,95)] \leq (1/200) \cdot 130 = f_{\text{amm}}$$

$$f_{\max} = 0,18 \text{ cm} < 0,65 \text{ cm} = f_{\text{amm}}$$

La verifica della freccia risulta soddisfatta; eseguiamo quindi per completezza una normale verifica a flessione semplice, la stessa che vedremo nei capitoli seguenti quando tratteremo delle strutture in acciaio:

$$\sigma_{\max} = M_{\max}/W_x \leq \sigma_{\text{amm}}^{\text{st}}$$

$$\sigma_{\max} = 13300/10,78 = 1233,8 \text{ daN/cm}^2 > 1400 \text{ daN/cm}^2 = \sigma_{\text{amm}}^{\text{st}}$$

La verifica è soddisfatta, comunque sia anche nell'ipotesi di verifica non soddisfatta basterà prevedere l'utilizzo di una lamiera di maggiore spessore ovvero passare ad altri tipi di lamiere grecate che offrano, a parità di spessore, caratteristiche statiche migliori – in questo, come già si diceva in precedenza, la rete ci è di valido aiuto fornendo la più variegata possibilità di scelta secondo i differenti fornitori.