

Studio dei vincoli di un solaio

Attraverso gli schemi statici per un determinato solaio, vengono definiti i gradi di vincolo per la valutazioni delle caratteristiche delle sollecitazioni, agenti sulla struttura. Tali valutazioni indicano gli intervalli di variabilità all'interno dei quali il progettista, in fase di dimensionamento, deve effettuare le sue scelte in base a tutte le condizioni che partecipano alla creazione del vincolo stesso.

Per vincoli di un solaio, si intendono quei legami che intercorrono fra lo stesso e la struttura che lo sostiene, sia essa trave o parete. Essi hanno la funzione di creare le condizioni di equilibrio sotto l'azione dei carichi considerati. Tale funzione, oltre che importante al fine della stabilità, può risultare di aiuto alla struttura, perché influisce, a seconda del grado, sul valore delle caratteristiche delle sollecitazioni lungo le diverse sezioni della campata. A tale riguardo, si possono distinguere in:

- vincolo semplice (appoggio)
- vincolo doppio (cerniera)
- vincolo triplo (incastro).

Questa distinzione, e il relativo comportamento, fanno riferimento a condizioni teoriche che, tuttavia, non sono del tutto realizzabili nella realtà. Per il solaio, le condizioni di vincolo dipendono dal modo in cui gli estremi delle campate sono collegati alla struttura principale che le sostiene, dal modo in cui le stesse campate "in continuità" sono collegate tra loro e, naturalmente, alla struttura di supporto; dipendono, inoltre, dalle proprietà sia meccaniche che dimensionali della struttura vincolata e della struttura portante, oltreché dalle caratteristiche elastiche dei materiali costituenti.

Non è realistico pensare di effettuare dei calcoli rigorosi per la loro valutazione, sia perché bisognerebbe aggiungere delle complicazioni ulteriori per effetto di eventuali condizioni di iperstaticità non valutabili, sia perché bisognerebbe aggiungere, altresì, gli effetti di altri fenomeni comunque esistenti, quali le variazioni termiche, il "ritiro" del calcestruzzo, le variazioni del momento di inerzia nelle diverse sezioni per effetto della differente situazione delle armature metalliche e, infine, per il fatto che il modulo di elasticità, specialmente del calcestruzzo, non può ritenersi costante. Quand'anche, inoltre, si riuscisse a valutare tutte le situazioni sopra riportate, ci sarebbero altri fattori da valutare, quali:

- 1) non avverano mai le ipotesi della perfetta solidarietà fra le membrature che concorrono in un "nodo";
- 2) possono esserci difetti di costruzione o carenze nei materiali che sfuggono alla valutazione;
- 3) le varie parti della struttura principale (travi e pilastri), nonché il solaio, vengono costruiti in tempi sicuramente diversi e in condizioni altrettanto diverse tra loro;
- 4) a causa degli assestamenti, si verificano delle deformazioni, anche anelastiche, che difficilmente si è in grado di valutare.

Si partirà, perciò, da una definizione di vincoli "ideali", per poi giungere, mediante opportune considerazioni che tengono conto di quanto detto, ai vincoli "reali".

Sono note, dalla Scienza delle Costruzioni, le definizioni che si possono dare per i tre tipi di vincoli ideali precedentemente richiamati:



- vincolo semplice o libero appoggio: è in grado di impedire gli spostamenti nella direzione dei carichi verticali, ma non la traslazione orizzontale o la rotazione delle sezioni di estremità (fig. 1.a);
- vincolo doppio o cerniera fissa: non permette gli spostamenti nella direzione dei carichi (sia orizzontali che verticali), ma consente ancora la possibilità della rotazione delle sezioni di estremità (fig. 1.b);
- incastro perfetto o vincolo triplo: è il vincolo che può impedire qualsiasi movimento (sia di traslazione che di rotazione) delle sezioni di estremità (fig. 1.c).

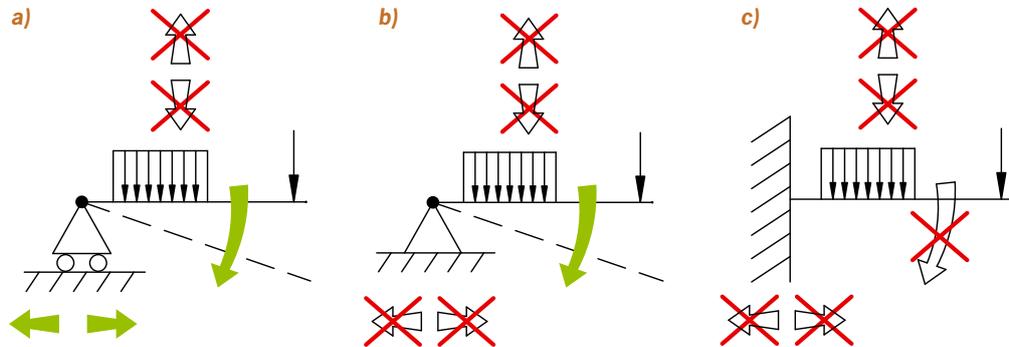
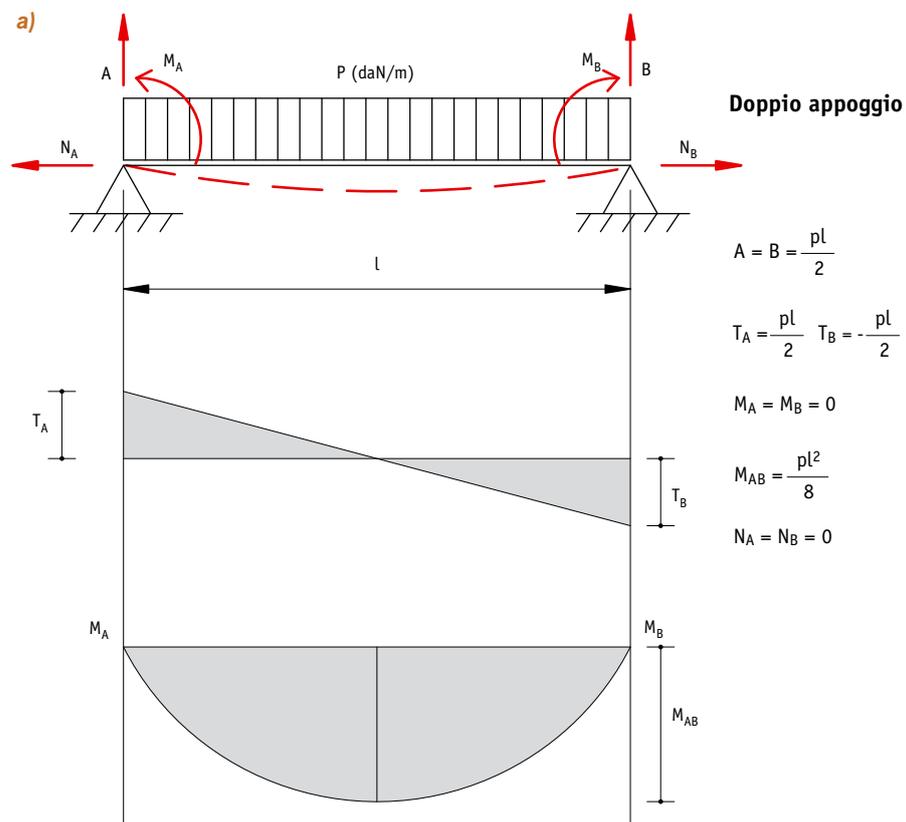


Figura 1 - Schematizzazione di vincoli "ideali".

Partendo dalla combinazione di questi vincoli, si possono definire tre "schemi statici" fondamentali:

- 1) trave semplicemente appoggiata agli estremi, vincolata, rispettivamente, da una cerniera semplice e una cerniera doppia (o da due cerniere doppie in caso di assenza dei carichi orizzontali): in questo schema, per carico uniformemente distribuito, sono note le reazioni vincolari e le caratteristiche delle sollecitazioni ad esse associate (fig. 2.a);



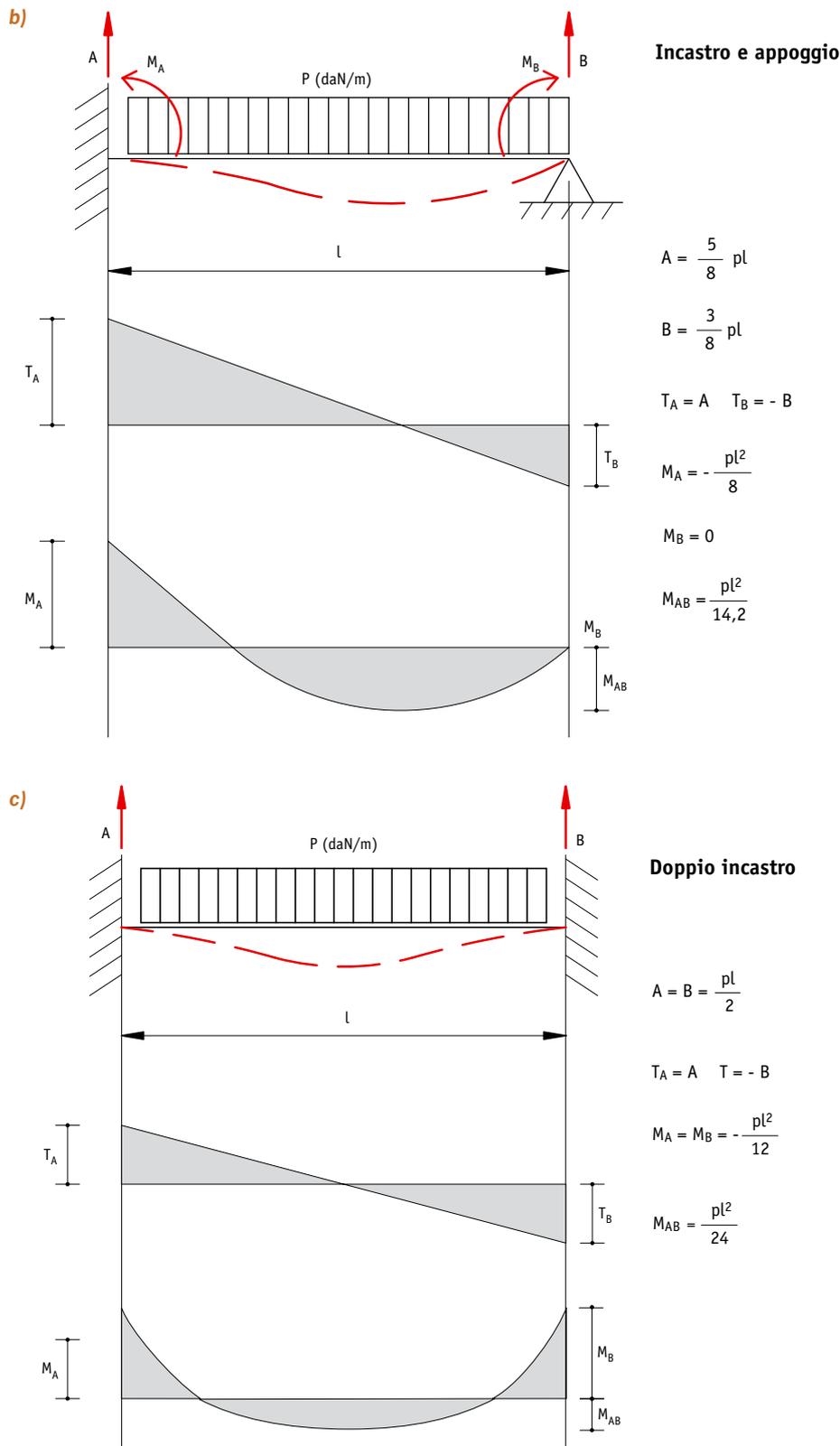


Figura 2 – Schemi di trave caricata uniformemente e diversamente vincolata: valutazione delle caratteristiche della sollecitazione.

- 2) trave incastrata ad un estremo e appoggiata all'altro, vincolata, rispettivamente, da una cerniera semplice e da un incastro. Anche per questo schema, sono note le reazioni vincolari e le caratteristiche delle sollecitazioni ad esse associate, per le stesse condizioni di carico (fig. 2.b);
- 3) trave incastrata agli estremi: i due vincoli di estremità sono entrambi incastri. Nello schema di fig. 2.c sono riportate le reazioni vincolari e le caratteristiche delle sollecitazioni ad esse associate, sempre per carico uniformemente distribuito.

Vincoli reali

La situazione di vincolo reale può essere rappresentata, allora, secondo lo schema di fig. 3, dove le sezioni estreme subiscono sempre una rotazione e dove, sempre nelle stesse sezioni, esiste comunque un momento flettente. In questa ottica:

- il momento flettente, rappresentativo del grado di vincolo agli appoggi, varia da zero ad $1/8 (p \cdot l^2)$;
- il momento massimo in campata varia da $1/24 (pl^2)$ a $1/8 (pl^2)$;
- il taglio varia, in uno estremo, secondo la relazione $T = pl/2 \pm (M_A \pm M_B)/l$ sempre considerando, naturalmente, un carico uniformemente distribuito e disposto nelle condizioni più sfavorevoli per il particolare in esame. Situazioni di carico diverse possono generare valori più o meno accentuati localmente, ma con valori globali che si rifanno a un carico distribuito equivalente.

Passando a uno schema statico a due o più campate, e riferendosi, per semplicità, al caso di luci uguali ed inerzie uguali, si possono individuare le relative situazioni estreme di vincolo, esemplificate nella fig. 4.



4

Studio dei vincoli di un solaio

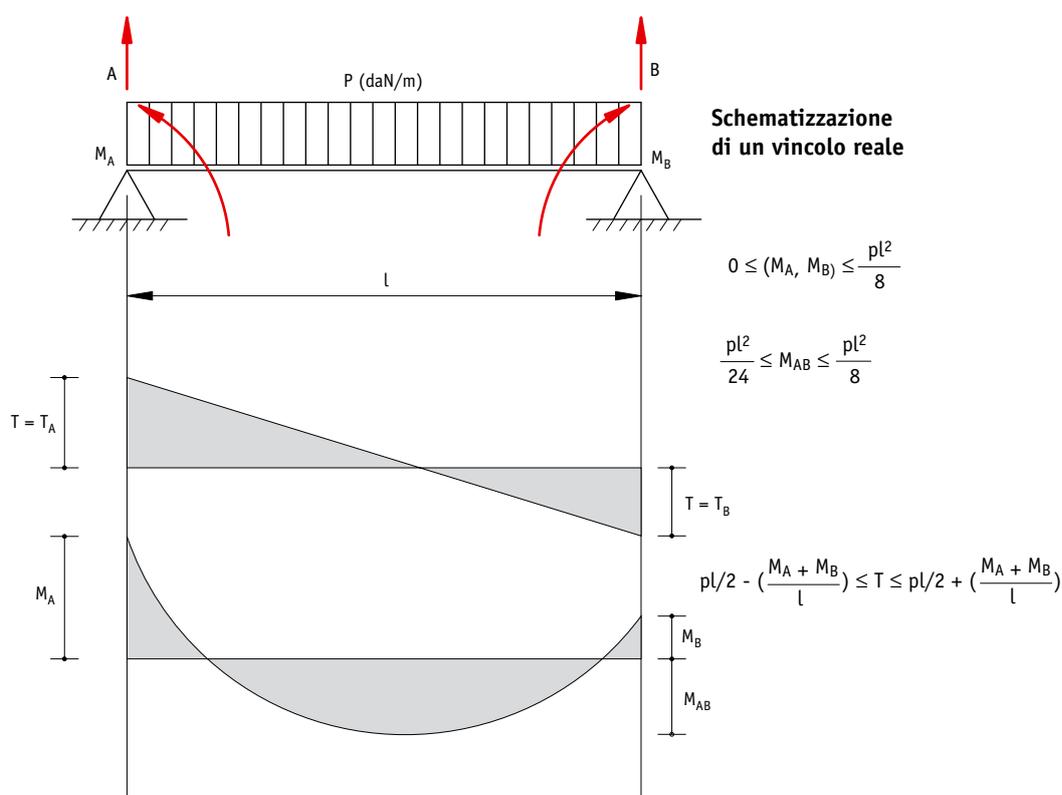


Figura 3 - Schema di vincolo: trave con doppio semincastro.

Vi è, infine, anche la possibilità che i vincoli estremi, per i due schemi, siano uno l'incastro e l'altro l'appoggio. Riferendosi alle possibili variazioni tra i due casi indicati (mantenendo costanti le inerzie e le modalità di carico), si possono considerare i valori dei momenti corrispondenti come estremi di intervalli entro cui si troveranno i momenti delle soluzioni intermedie, sia di vincoli che di rapporti di luce. Ciò vuol dire che il momento sull'appoggio intermedio M_i varierà tra i seguenti limiti:

$$1/8 pl_g^2 < M_i < 1/12 pl_g^2$$

avendo indicato con l_g la più grande delle luci. Il momento sugli appoggi estremi M_e varierà tra:

$$0 < M_e < 1/12 pl_g^2$$

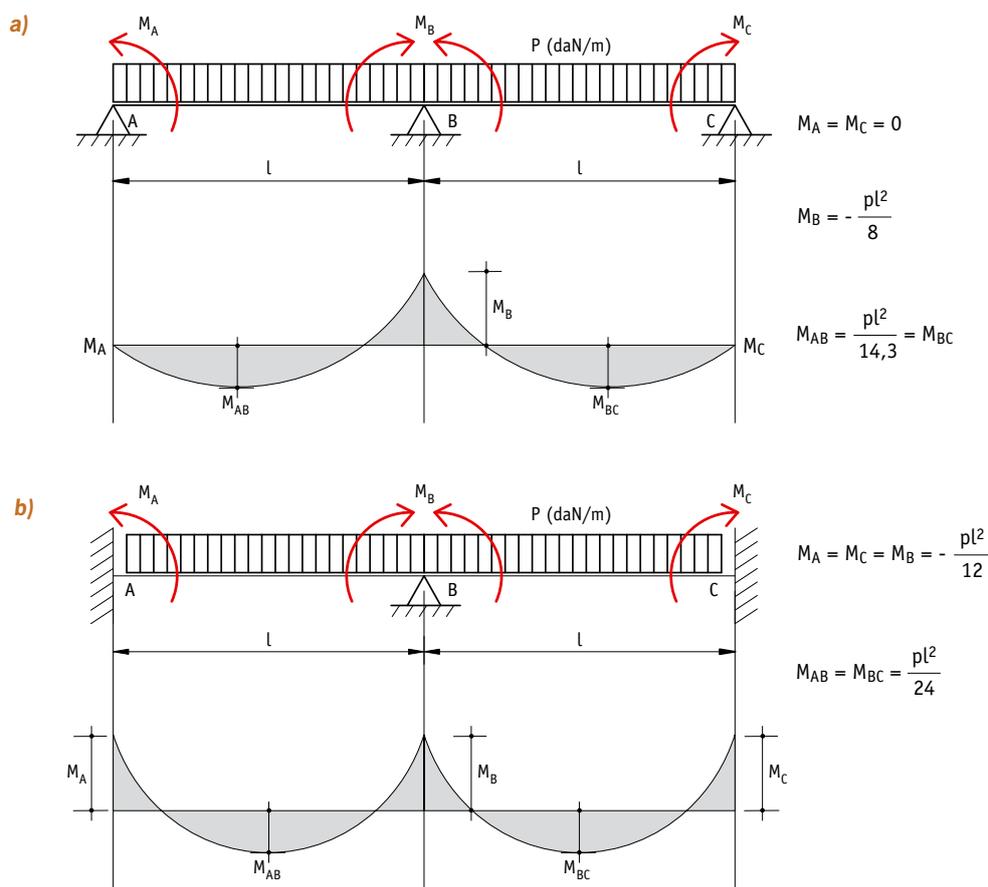


Figura 4 - Schemi di telaio a due campate con luci uguali e inerzie uguali.

Analoghe considerazioni si dovrebbero fare per un numero di campate superiore a due, con la maggiore complessità che ne deriva. Una valutazione ancora più approssimata, in questi casi, può essere fatta se si considerano le due coppie di campate estreme e si attribuisce, al vincolo comune con la campata interna adiacente, il grado più vicino all'incastro. Si tratta, comunque, sempre di schemi che tendono a rappresentare la realtà ma che non potranno mai essere esattamente realizzati e valutati.

Essi rappresentano la schematizzazione di situazioni costruttive che sono a loro simili, ma non possono essere uguali. Infatti, la condizione costruttiva di appoggio semplice non potrà mai permettere, sia per necessità di collegamenti, sia per limitazioni di carattere esecutivo, la libera rotazione della sezione terminale del solaio. Analogamente, un incastro reale (sia per simili limitazioni di carattere costruttivo, sia per propria insufficiente rigidità flessionale o torsionale) non potrà mai impedire una sia pur minima rotazione. Si parlerà allora di incastro elastico o parziale, appunto perché incapace di bloccare completamente la sezione e di impedirne ogni rotazione.

La rotazione permessa sarà, comunque, sempre inferiore alla rotazione teorica corrispondente al caso di libero appoggio. In altri termini, si può definire l'incastro elastico come un incastro avente un'efficienza ridotta. Le strutture portanti rappresentate dai telai in c.a. creano diverse situazioni di vincolo elastico che sarà il progettista a valutare e quantificare con opportune considerazioni, individuando degli appropriati "schemi statici" (fig. 5.a,b,c.). A tale riguardo, se ne descrivono alcuni:

- nodo solaio-pilastri: dall'efficienza di questo nodo dipende il grado di vincolo di un solaio inserito in una struttura a telaio in cemento armato. In realtà, lo sviluppo della zona di interazione con il solaio è molto limitato; nel nodo concorrono le travi e ogni spostamento, o rotazione, che subisce tale nodo si trasferisce alle stesse creando, a sua volta, spostamenti e rotazioni nella sezione di estremità del solaio (fig. 5.a);

- nodo solaio-trave "alta": indipendentemente dai movimenti del nodo con i pilastri, la trave subisce, a sua volta, deformazioni, abbassamenti e rotazioni che aumentano passando dal nodo verso la sezione di mezzeria della campata, cosicché diminuisce il grado di incastro della relativa sezione del solaio (fig. 5.b);
- nodo solaio-trave "a spessore": oltre all'inflessione nel piano verticale parallelo all'asse della trave e alla torsione, si verifica anche una inflessione, nel piano verticale normale all'asse della trave (nella direzione di "orditura" del solaio), di parte della larghezza della trave stessa, creando una ulteriore rotazione della sezione di estremità del solaio (fig. 5.c).

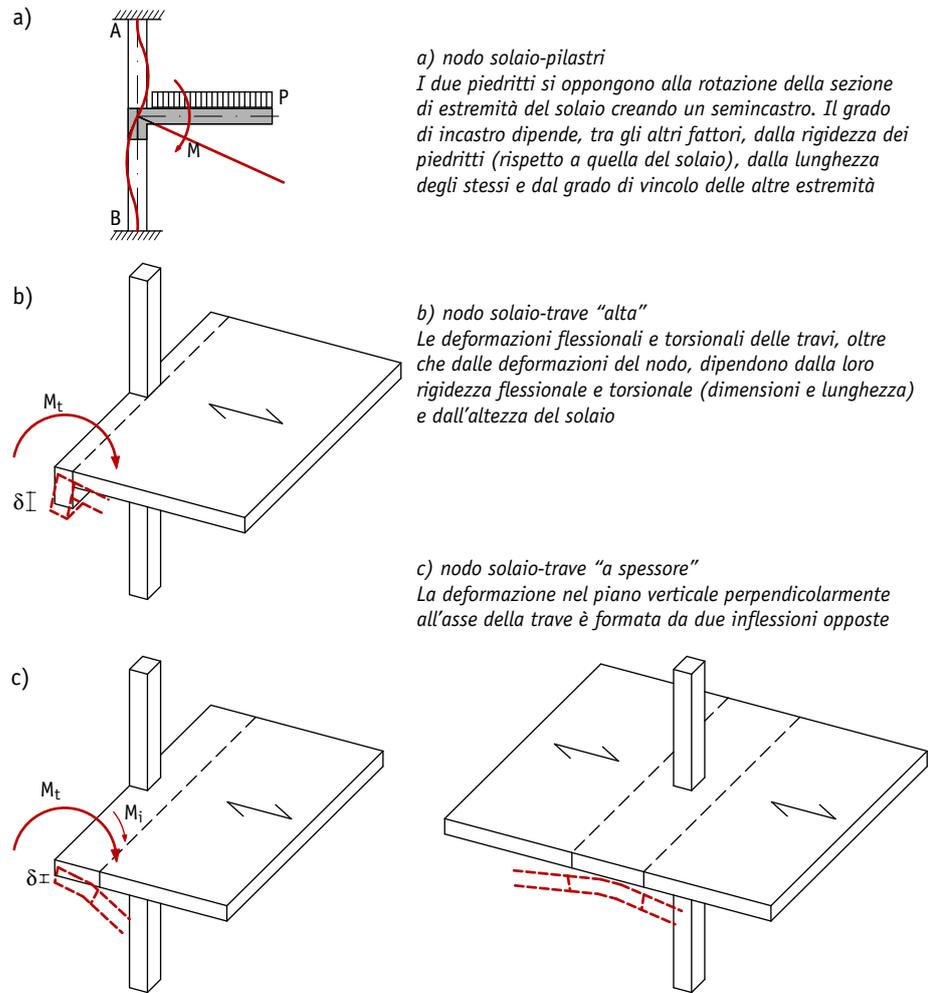


Figura 5 - Esempi di incastro elastico in presenza di telai in c.a.

Si trascura, in questi casi, la compressibilità dei pilastri che, nella pratica, creando ulteriori deformazioni, interviene nella formazione del grado di vincolo. La maggiore efficienza dei vincoli si ha in quelle strutture, in cemento armato, dove i pilastri presentano una grande rigidezza nel piano verticale parallelo alla direzione di orditura del solaio, sono caratterizzati da un interasse limitato con i pilastri adiacenti (nella direzione normale all'orditura) e le travi di collegamento con questi ultimi sono sottosporgenti (travi alte), in modo che non possa essere molto sensibile l'effetto torsionale. Ciò, naturalmente, anche in funzione delle rigidità delle stesse strutture orizzontali (e, quindi, dell'altezza del solaio).

Dopo queste considerazioni, volendo caratterizzare degli "schemi statici" da cui poter trarre le valutazioni, sia qualitative che quantitative, per il progetto del solaio, bisognerà scegliere all'interno di un campo individuato da due configurazioni estreme. La prima corrisponde alla situazione di travi sottosporgenti, pilastri rigidi

e interassi, tra essi, limitati ($< 4,50$ m); in questo caso, la rigidità del solaio (come asta concorrente nel nodo) può essere assunta considerando l'interasse stesso tra i pilastri. Naturalmente, il concetto è valido anche per travi a spessore quando gli interassi tra i pilastri siano molto piccoli. Nella seconda configurazione, coesistono travi a spessore di solaio e interassi tra i pilastri molto grandi ($> 4,50$ m), oppure travi sottosporgenti molto esili rispetto alla relativa luce. In questo caso, la dimensione da considerare per determinare la rigidità del solaio è molto difficile da individuare e sarà scelta dal progettista. Sarà, comunque, minore dell'interasse tra i pilastri e terrà conto delle eventuali parti di trave a spessore che si deformano con il solaio.

Testo e figure sono estrapolati da "Il manuale dei solai in laterizio", di Vincenzo Bacco, Edizioni Later Service srl, formato cm 21 x 28 cm, pagine 400, euro 35,00. E' possibile ordinare il volume c/o: Later Service, Via Alessandro Torlonia 15, 00161 Roma, tel. 06 44236926, fax 06 44237930.