

5 REGOLE PER LA LEGATURA E LA POSA IN OPERA DELLE ARMATURE

La posa in opera delle armature è un'operazione di grande importanza dal punto di vista della qualità, durabilità e sicurezza delle opere in cemento armato. Le statistiche mostrano che gran parte delle patologie del cemento armato sono dovute alla posa in opera dei ferri di armatura errata, ai problemi di corrosione per ricoprimenti inadeguati, alla scarsa compattezza del calcestruzzo ed alla eccessiva fessurazione [47-56].

Le regole fondamentali da rispettare sono tre:

- le barre, le staffe e le altre armature devono rimanere situate nella posizione definita in progetto, dentro le tolleranze definite. È anche necessario fissare e realizzare correttamente le sovrapposizioni e gli ancoraggi
- le legature devono essere realizzate in modo tale che, durante il getto, non si alteri la configurazione definita nel montaggio
- l'armatura posizionata e fissata deve permettere la posa in opera del calcestruzzo e la sua compattazione, per la quale è necessario adottare distanze minime e ricoprimenti adeguati delle armature.

Il materiale sagomato è soggetto anche ad altre operazioni come: la movimentazione, lo stoccaggio, il trasporto, posa in opera, durante i quali il prodotto finito potrebbe essere soggetto a deformazioni tali da comprometterne l'efficienza. Se il prodotto finito (soprattutto in casi particolari per peso, dimensione, distanza) deve essere garantito contro questi inconvenienti è necessario che ciò sia indicato in progetto ed espressamente richiesto all'officina di presagomatura. Tali condizioni corrispondono infatti a dei costi aggiuntivi dei quali è necessario tenere debito conto.

5.2 Legatura dei ferri di armatura

Per legatura si intende l'insieme di operazioni destinate a fissare elementi più o meno elaborati, ad esempio barre longitudinali e staffe presagomate, in modo tale che l'armatura risultante acquisisca la forma globale definita in progetto e la mantenga durante il trasporto, il montaggio ed il getto del calcestruzzo; in Italia non esistono norme al riguardo.

Fondamentalmente esistono due procedimenti per effettuare la legatura:

- con fil di ferro. Nella pratica abituale si impiega «filo nero» di acciaio, (Fig. 5-1a) normalmente con diametro da 1 a 2 mm e si realizza la legatura con tenaglie. Si possono anche usare fermagli particolari, ad esempio spezzoni di filo di lunghezza differente con ganci agli estremi, che si legano mediante un attrezzo manuale costituito da una vite senza fine o mediante legatrici meccaniche (Fig. 5-1b e 5-1c). Nella Fig. 5-2 è rappresentato l'aspetto delle unioni realizzate con i diversi procedimenti
- con punti di saldatura. È un procedimento economico e rapido, non fornisce alcun ancoraggio meccanico, ma conferisce alle gabbie di armatura la rigidità necessaria affinché le operazioni dovute al getto non alterino la posizione rispettiva dei vari elementi che la costituiscono.

La saldatura deve garantire una certa resistenza dell'unione, deve assicurare la non riduzione di duttilità e di resistenza delle barre nella zona della saldatura.

Questi requisiti consigliano solo la saldatura negli stabilimenti di presagomatura che, con adeguate strumentazioni e operai specializzati, assicurano l'esecuzione di suddetta saldatura sotto condizioni ben controllate.

Pertanto questo metodo è principalmente usato per serie di elementi armati prefabbricati e non utilizzato in cantiere, dove difficilmente si possono effettuare adeguati controlli.

Esistono due procedimenti fondamentali di saldatura: ad elettrodo (Fig. 5-3a) ed a resistenza (Fig. 5-3b)

E' sconsigliata la legatura mediante saldatura quando l'acciaio presagomato si trova all'interno dei casseri.

Figura 5-1 Attrezzi per realizzare le legature con il fil di ferro

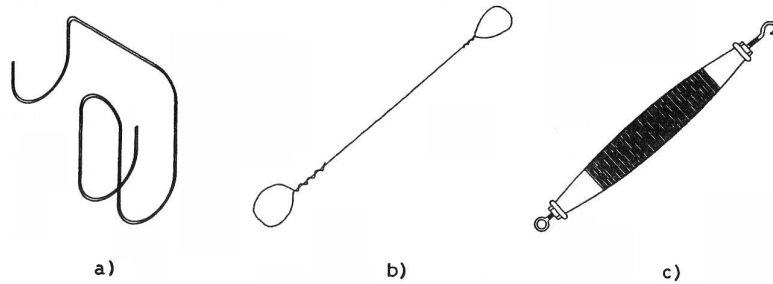


Figura 5-2 Legature realizzate con il fil di ferro

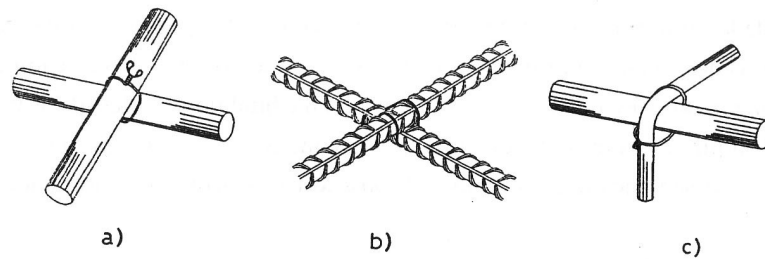
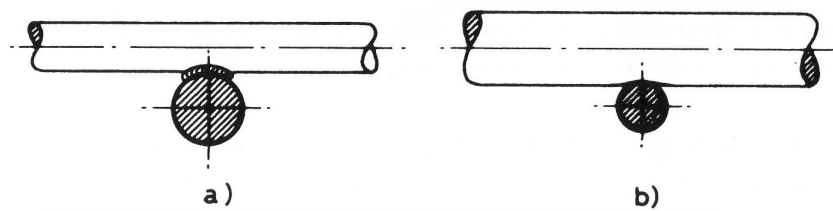


Figura 5-3 Unioni saldate



Di seguito si citano una serie di regole generali per la legatura delle armature sia con saldatura, che con fil di ferro, seppure né l'E.C.2 [1] né il D.M. 96 [3] danno indicazioni a proposito:

- fondazioni, lastre, piastre ed elementi superficiali orizzontali.
Tutti gli incroci fra le barre del perimetro del pannello di armatura devono essere legati
- quando le barre dell'armatura principale hanno un diametro ≤ 12 mm, si fissano, nel resto del pannello, gli incroci di barre in modo alternato (Fig. 5-4a); per diametro > 12 mm, gli incroci legati non devono essere distanti più di 50 diametri, disponendosi anche in modo alternato (Fig. 5-4b)
- pilastri e travi. Deve essere legato ogni incrocio d'angolo delle staffe con l'armatura principale (Fig. 5-5a). Se si impiega la rete elettrosaldata per formare le staffe, l'armatura principale deve essere legata negli angoli ad una distanza non superiore a cinquanta volte il diametro dell'armatura principale. Le altre barre diverse da quelle d'angolo devono essere legate alle staffe ad una distanza non superiore a 50 volte il diametro della barra (Fig. 5-5b)
- gli elementi semplici delle staffe multiple devono essere legati fra di loro (Fig. 5-5c)
- muri. Le barre si legano alternativamente nelle intersezioni.

Figura 5-4 Incroci delle armature per fondazioni, lastre, piastre ed elementi superficiali orizzontali

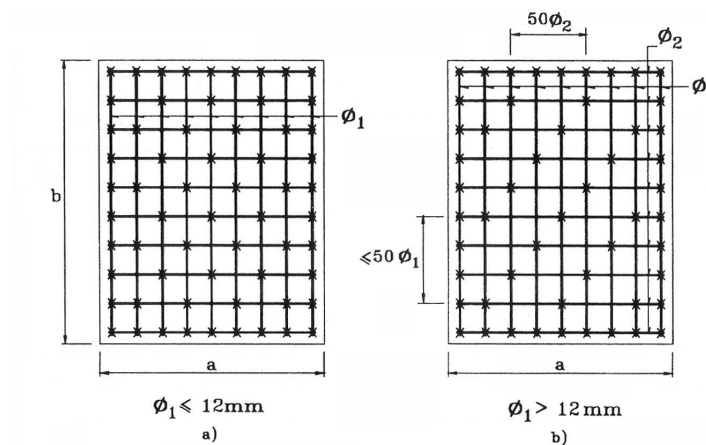
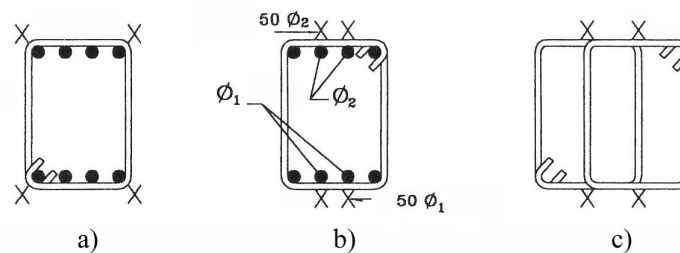


Figura 5-5 Legature fra l'armatura principale e staffe in travi e pilastri



In ogni caso se sono impiegate legature con fili che in qualche modo invadono la zona di ricoprimento del calcestruzzo, la parte in eccesso deve essere rimossa.

5.2 Posa in opera delle armature

Nella collocazione delle armature occorre prestare attenzione che queste non vengano a contatto con sostanze che possano pregiudicare l'aderenza, come ad esempio i disarmanti.

Nel mettere in opera le armature occorre realizzare, con cura e precisione, il copriferro e le distanze minime tra le armature prescritti in progetto, nel rispetto delle indicazioni di normativa.

5.2.1 Copriferro

Un copriferro minimo deve essere realizzato per assicurare la corretta trasmissione delle forze di aderenza fra le barre di acciaio ed il calcestruzzo, una adeguata resistenza al fuoco, la protezione dell'acciaio contro la corrosione e perché non si abbia *spalling* (distaccamento del ricoprimento di calcestruzzo).

La protezione dell'armatura contro la corrosione si basa sulla presenza di un ambiente alcalino ottenuto con un adeguato spessore di calcestruzzo di buona qualità, maturato correttamente. Lo spessore del ricoprimento dipende dunque sia dalle condizioni di esposizione che dalla qualità del calcestruzzo, quest'ultima è funzione del dosaggio di cemento e del rapporto acqua-cemento.

Il D.M. 96 [3] impone che l'armatura resistente, comprese le staffe, deve distare dalle facce esterne del conglomerato di almeno 0,8 cm nel caso di solette, setti e pareti e di almeno 2 cm nel caso di travi e pilastri; in presenza di salsedine marina, di emanazioni nocive, od in presenza di ambiente aggressivo occorre aumentare il ricoprimento: 2 cm per le solette e 4 cm per travi e pilastri. L'E.C. 2 [1] ordina le condizioni ambientali in classi di esposizione (Tab. 5.1), dalle quali dipende il copriferro minimo (Tab. 5.2).

Tabella 5.1 Classe di esposizione relative alle condizioni ambientali [47-48]

Classi di esposizione		Esempi di condizioni ambientali
1 ambiente secco		interno di edifici per abitazioni normali o uffici
2 ambiente umido	a senza gelo	interno di edifici in cui vi è elevata umidità (lavanderie) componenti esterni componenti in terreni e/o acque non aggressivi
	b con gelo	componenti esterni esposti al gelo componenti in terreni e/o acque non aggressivi esposti al gelo componenti interni con alta umidità esposti al gelo
3 ambiente umido con gelo e impiego di sali di disgelo		componenti interni ed esterni esposti al gelo e agli effetti dei sali di disgelo
4 ambiente marino	a senza gelo	componenti totalmente o parzialmente immersi in acqua marina o soggetti a spruzzi componenti esposti ad atmosfera satura di sale (zone costiere)
	b con gelo	componenti parzialmente immersi in acqua marina o soggetti a spruzzi ed esposti al gelo componenti esposti ad atmosfera satura di sale ed esposti al gelo
5 ambiente chimico aggressivo	a	ambiente chimico debolmente aggressivo (gas, liquidi o solidi) atmosfera industriale aggressiva
	b	ambiente chimico moderatamente aggressivo (gas, liquidi o solidi)
	c	ambiente chimico fortemente aggressivo (gas, liquidi o solidi)

Tabella 5.2 Ricoprimenti minimi delle armature richiesti per calcestruzzi di massa volumica normale [47-48]

	Classe di esposizione definita nella Tabella 5.1								
	1	2a	2b	3	4a	4b	5a	5b	5c
copriferro minimo (mm)	15	20	25	35	35	35	25	30	40

Per soddisfare questa esigenza si utilizzano tutta una serie di dispositivi che tengono separate le armature dai paramenti esterni, anche con distanze leggermente superiori a quelle prescritte, dato che bisogna tenere conto di opportune tolleranze.

5.2.2 Interferro

La distanza tra le barre deve di regola essere tale da consentire la messa in opera e la compattazione del calcestruzzo in maniera soddisfacente per garantire lo sviluppo di adeguata aderenza. A tale riguardo la dimensione massima dell'aggregato deve consentire una adeguata compattazione del calcestruzzo intorno alle barre. La distanza libera orizzontale e verticale tra singole barre non deve essere minore del massimo diametro della barra impiegata e non meno di 20 mm. In caso di barre disposte in strati orizzontali separati, le barre di ogni singolo strato devono essere poste verticalmente una sopra l'altra e lo spazio fra gli allineamenti verticali deve permettere il passaggio di un apparecchio vibratore.

5.3 Tipi di distanziatori

Per mantenere l'armatura in posizione corretta, definita nel progetto, sono necessari un numero sufficiente di distanziatori o supporti, essi devono essere anche capaci di sopportare i carichi agenti trasmessi dalle barre durante la costruzione, devono essere durabili, non portare alla corrosione l'armatura e non causare distacco del ricoprimento.

I distanziatori sono classificati in base alla forma ed al materiale:

- distanziatori lineari. Sono normalmente destinati a mantenere in posizione l'armatura inferiore di plinti, lastre, travi, ecc (Fig. 5-6)
- distanziatori puntuali. Possono essere di malta cementizia o plastica
- distanziatori di malta cementizia. Sono costituiti da una pastiglia di malta, con resistenza, durabilità ed aspetto simile al calcestruzzo e sono dotati di un sistema di fissaggio mediante fili (Fig. 5-7). Esistono distanziatori di questo tipo di grande qualità, fabbricati con calcestruzzo ad alta resistenza e dotati di un dispositivo in plastica per bloccare la barra di acciaio
- distanziatori di plastica. I tipi più frequenti sono indicati nella Fig. 5-8a, che corrispondono ai distanziatori generalmente utilizzati per le armature inferiori di travi e lastre. In Fig. 5-8b si riconoscono i distanziatori di plastica del tipo a ruota, specialmente indicati per elementi lineari, in particolare pilastri e pali
- distanziatori terminali. Si producono quasi esclusivamente in plastica e nella Fig. 5-8c sono riportati i due tipi frequenti
- cavallotti. Esistono cavallotti di tipo continuo come quelli indicati in Fig. 5-9a e cavallotti per appoggi puntuali come quelli indicati nella Fig. 5-9b.
Sono solitamente in filo di ferro galvanizzato o in acciaio inossidabile.

Il cavallotto indicato in Fig. 5-10, che si ottiene dal taglio di una rete elettrosaldata e successiva piegatura, si adatta a qualunque altezza richiesta con relativa facilità. È importante disporre tappi di plastica o almeno pezzi di tubo di plastica che impediscano il contatto dei piedi con il cassero, per evitare successivamente macchie di ossido nella superficie dell'elemento, giacché di solito non è galvanizzato.

- Pinne o cavalletti. Si utilizzano per sostenere o distanziare armature parallele specialmente nelle lastre di grande dimensione. Si realizzano mediante piegatura di barre di armatura e si deve fare attenzione che non poggino direttamente sul cassero (Fig. 5-11).

Figura 5-6 Distanziatori lineari

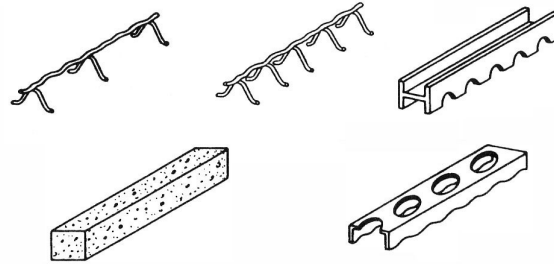


Figura 5-7 Distanziatori puntuali in calcestruzzo

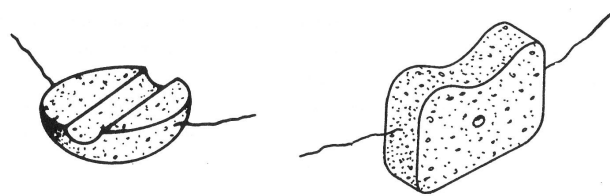


Figura 5-8 Distanziatori puntuali in plastica

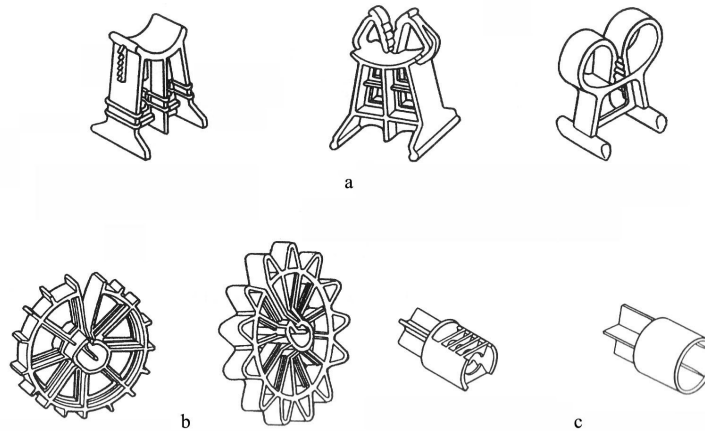


Figura 5-9 Cavallotti lineari e puntuali

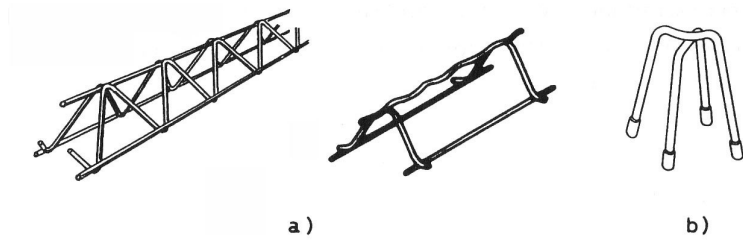
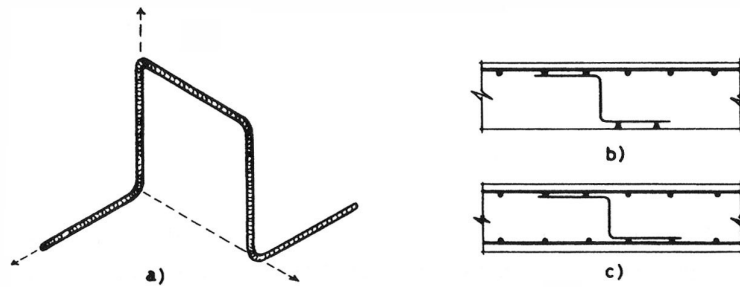


Figura 5-10 Cavallotto lineare ottenuto per taglio e piegatura di rete elettrosaldata



Figura 5-11 Pinna o cavalletto



5.4 Regole per la collocazione dei distanziatori

I disegni esecutivi dovrebbero contenere indicazioni sul posizionamento dei distanziatori; la normativa italiana non da regole da seguire in proposito.

Per indicare in progetto i distanziatori, i cavallotti e le pinne, si impiegano i simboli riportati nella Tab. 5.1, vista laterale e in pianta. La posizione, il numero e la mutua distanza è quella strettamente necessaria per realizzare i ricoprimenti e le distanze fra le armature prescritti in progetto, entro i limiti normali di tolleranza. Di seguito sono indicate delle regole pratiche, utili alla corretta realizzazione di alcuni elementi strutturali.

5.4.1 Fondazioni

I reticoli inferiori di armatura devono appoggiarsi su distanziatori accoppiati all'armatura inferiore, collocati alternativamente su barre parallele consecutive a distanza minima di 50 volte il diametro della barra, senza oltrepassare il metro.













Per le reti elettrosaldate si devono collocare alternativamente distanziatori a distanze minime di 50 cm nelle direzioni, longitudinale e trasversale. Se si utilizzano cavallotti lineari si rammenta che non devono eccedere i 35 cm di lunghezza e devono essere collocati allineati.

Nelle armature che in sommità hanno come separazione dalla superficie una distanza inferiore a due volte il ricoprimento, si devono disporre distanziatori terminali.

I reticoli superiori dell'armatura di platee, fondazioni, ecc., siano queste barre o reti elettrosaldate, devono appoggiarsi su:

- cavallotti lineari, posti a distanza massima di 50 volte il diametro della barra, che poggeranno sul reticolo inferiore se esiste e, in caso contrario, su distanziatori puntuali o lineari distanti tra loro al massimo 50 cm
- cavallotti individuali che sono distanziati in entrambe le direzioni di non più di 50 volte il diametro della barra o 50 cm. Se appoggiano sul cassero i cavallotti devono stare su appoggi rivestiti di plastica per evitare la corrosione, o meglio, essere di materiale inattaccabile (Fig. 5-12)
- «pinne o cavallotti» ad una distanza tra loro, in entrambe le direzioni, che non superi 50 volte il diametro della barra (Fig. 5-13). Se appoggiano sul cassero o sul calcestruzzo di finitura, le pinne devono poggiare su distanziatori puntuali.

Tabella 5.1 Rappresentazione grafica di distanziatori e supporti

Distanziatori e supporti	Rappresentazione grafica
distanziatori puntuali	 vista laterale
	 vista in pianta
distanziatore di tipo lineare	 vista laterale
	 vista in pianta
distanziatore terminale	 vista laterale
	 vista in pianta
cavallotto individuale	 vista laterale
	 vista in pianta
cavallotto continuo	 vista laterale
	 vista in pianta
pinna	 vista laterale
	 vista in pianta

5.4.2 Platee e solette

Si applicano le stesse regole valide per le fondazioni.

5.4.3 Pilastri

I distanziatori devono essere collocati nelle staffe, a distanza massima di 100 volte il diametro dell'armatura principale, senza superare 2000 mm lungo l'elemento e con un minimo di tre piani di distanziatori per elemento o tronco.

Figura 5-12 Posizionamento dei cavallotti individuali

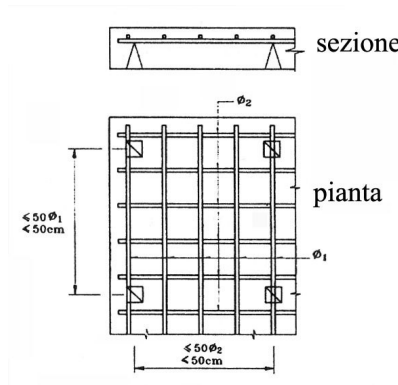
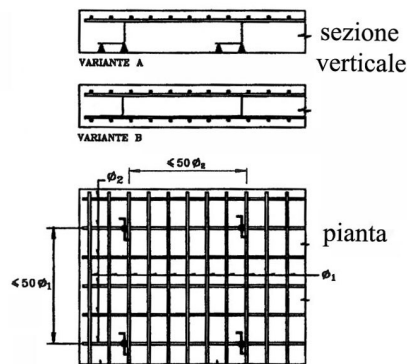


Figura 5-13 Posizionamento di pinne o cavallotti



5.4.4 Travi

I distanziatori si devono collocare nelle staffe a distanza massima di 1 m, nella direzione longitudinale dell'elemento, con un minimo di tre piani di distanziatori per campata.

Agli estremi del cassero della trave risultano necessari distanziatori terminali o ordinari, a seconda dei casi (Fig. 5-14).

5.4.5 Muri

In ciascun reticolo si collocheranno distanziatori sulle barre o fili che formano reti ortogonali con distanza non maggiore di 50 volte il diametro dell'armatura, senza superare i 50 cm.

Anche l'armatura sulla faccia opposta è dotata nella medesima posizione dei distanziatori che assicurano il ricoprimento.

La distanza tra i reticoli di entrambe le facce si assicura mediante cavallotti continui a distanza non superiore a 1 m (Fig. 5-15).

In grandi muri di contenimento in luogo dei cavallotti, di solito è necessario l'impiego di pinne.

Figura 5-14 Distanziatori nelle travi

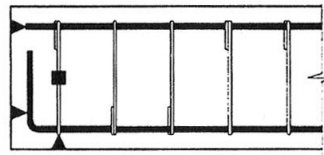
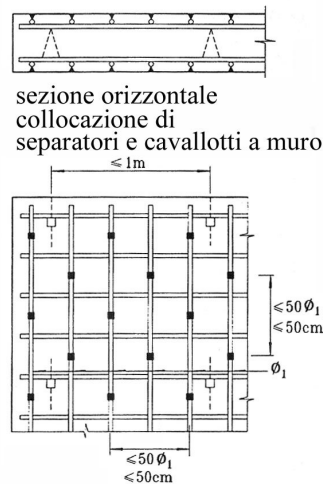


Figura 5-15 Distanziatori e cavallotti nei muri



5.4.6 Pannelli e muri prefabbricati

Nei pannelli e muri prefabbricati in calcestruzzo (con getto di completamento) con il proprio piano medio in posizione orizzontale, i distanziatori si collocheranno in accordo con quanto stabilito per le piastre.

5.4.7 Pali

- Pali prefabbricati. Vigono le regole esposte per i pilastri.
- Pali gettati *in situ*. Devono avere un piano di distanziatori ogni 2 m nella direzione longitudinale, con cinque distanziatori per piano fissati alle staffe. Abitualmente si impiegano distanziatori del tipo a ruota.