

## Solai Composti Acciaio Calcestruzzo

### Normativa diriferimento : Istruzioni CNR 10016-2000

Politecnico di Milano

Tali Istruzioni sono completamente diverse dalla precedente C N R 10016 - 1972 seguono l'impostazione deli' E C 4, di cui peraltro accolgono solo il metodo della parziale interazione e non il metodo m-k; il calcolo ora viene condotto in base alla teoria degli stati limite (stati limite ultimi e stati limite di servizio), abbandonando il metodo delle tensioni ammissibili.

La capacità del solaio composto di agire realmente come tale deve essere controllata da apposite prove sperimentali condotte secondo quanto prescritto dalle citate Istruzioni presso un laboratorio ufficiale, che ne rilascia la certificazione. (Politecnico di Milano)

Dopo aver ottenuto i risultati delle prove viene eseguito il calcolo per determinare la portanza del solaio, cioè il sovraccarico che il solaio può sopportare su varie luci, con diversi spessori della lamiera e della soletta di calcestruzzo sovrastante la lamiera stessa

Normalmente il solaio composto viene gettato in opera: avremo quindi due diverse fasi, sia per il comportamento del solaio che per il calcolo, ciascuna con caratteristiche particolari:

Fase 1) in cui la lamiera grecata è il solo elemento resistente fintanto che il getto di conglomerato cementizio non ha terminato la maturazione. La lamiera da sola è chiamata a sostenere, oltre il peso proprio, il peso del getto, quello delle maestranze e di eventuali mezzi d'opera. Le sollecitazioni indotte nella lamiera dal suo peso e da quello del getto di calcestruzzo sono da considerarsi permanenti, mentre le altre hanno un carattere transitorio. La lamiera deve essere in grado di resistere a tutte le azioni, sia per quanto attiene alla freccia elastica, limitata a determinati valori per motivi estetici ovvero per evitare un accumulo di calcestruzzo fresco, sia per quanto riguarda le sollecitazioni della lamiera stessa I limiti della freccia sono:  $f \leq L/180$  e comunque  $f \leq 2$  cm. Le verifiche devono essere condotte con riferimento alla sezione resistente del profilo in lamiera grecata che è usualmente sensibile ai fenomeni di instabilità locale. Dato infatti l'elevato valore del rapporto larghezza/spessore delle parti compresse che compongono la sezione trasversale è necessario utilizzare nel calcolo le caratteristiche efficaci della lamiera in acciaio, valutate in accordo con le normative dei profili in parete sottile. A questo proposito è da sottolineare il fatto che la "vecchia" normativa C N R 10022-1985 prevedeva solo il calcolo alle tensioni ammissibili, pertanto non in armonia col metodo agli stati limite previsto per la seconda fase. Viene quindi adottato, per determinare la caratteristiche della lamiera, l'E C 3 - parte 1-3, che riporta il calcolo agli stati limite.

Fase 2) in cui essendo ormai maturo il conglomerato, l'elemento resistente è costituito dal solaio composto, interessato da tutti i carichi utili previsti nella vita della costruzione : il peso del pavimento e del relativo sottofondo, tramezzi, impianti e carichi variabili associati alla destinazione d'uso. L'azione composta si esercita soltanto in fase 2. E' trascurata un'ulteriore fase, con le associate verifiche, intermedia tra le due citate, che è quella del disarmo dei puntelli provvisori di sostegno della lamiera durante la fase di getto del conglomerato, in quanto il puntellamento risulta una procedura ormai raramente applicata.

In particolare si deve procedere ad effettuare le seguenti verifiche per il solaio composto: - Verifica a momento positivo (sez. I in fig. 1) - Verifica a momento negativo (sez. II in fig. 1), solo nel caso si abbia continuità sugli appoggi intermedi e si desideri tenere in conto l'effetto ditale continuità: la Normativa altrimenti consente di considerare il solaio composto come costituito da una serie di campate semplicemente appoggiate ; necessaria però una armatura a momento negativo per evitare fessurazioni. Verifica a taglio verticale e punzonamento (sez. III e IV in fig. 1) Verifica a taglio longitudinale (sez. V in fig. 1)

E' appunto questa ultima verifica che non può essere condotta se non vi sono i risultati delle prove sperimentali Vale la pena di considerare più in dettaglio questo aspetto. La Normativa prevede per ogni tipo di lamiera non meno di 6 prototipi, differenti tra loro per la luce (distanza tra gli appoggi) o per spessore della soletta. Lo schema di carico è riportato in fig. 2. La prova è articolata in 2 fasi: la fase iniziale o ciclica, in cui sono previsti 5000 cicli in un periodo di tempo di almeno 3 ore, con un carico variabile tra la metà del carico di servizio (F) ed 1.5 F. Il caricodi servizio F viene stimato in base al risultato di una prova preliminare condotto a rottura. L'applicazione di un carico ciclico ha lo scopo di eliminare la aderenza "chimica" tra il calcestruzzo e la lamiera di acciaio, in tal modo nella successiva fase di prova il prototipo può contare solo sull'ingranamento di tipo meccanico, fornito nel nostro caso dalle impronte esistenti sulle anime della lamiera grecata.

La fase finale o monotona si realizza incrementando progressivamente il carico fino alla rottura del prototipo, impiegando per questa fase non meno di un'ora. In funzione del momento ultimo raggiunto da ogni singolo prototipo si ricava il grado di connessione  $\eta$  e da questo la resistenza a taglio longitudinale di prova  $\tau v$ .

Il minore tra tutti i valori di  $\tau v$  fornito dalle prove viene utilizzato per stabilire quale sia la resistenza di progetto a taglio longitudinale

$$\tau v, R d = \frac{(\min \tau v) \times 0,9}{1,25}$$

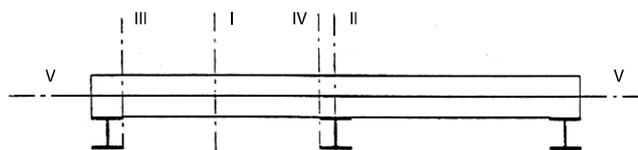


Figura 1: sezioni critiche

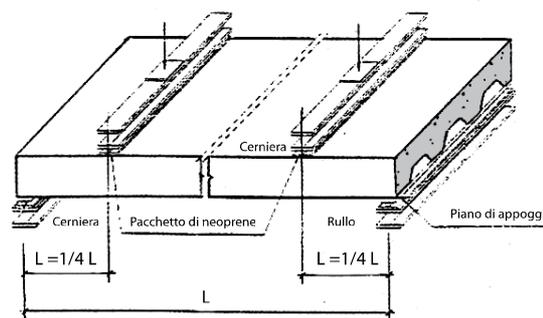


Figura 2: sezioni di carico e di vincolo del prototipo

È evidente la differenza rispetto a quanto avveniva in passato, quando la soletta era sottoposta a carichi crescenti fino al collasso e quindi con opportuni coefficienti di sicurezza (assunti in genere almeno a 2 o 3 rispetto al carico di rottura) si ricavava la capacità portante cioè il carico ammissibile per il solaio. Una "novità" nel calcolo dei solai collaboranti è prevista nel DM14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni" per il quale nel caso dei solai non interessa la freccia elastica, bensì la frequenza minima del solaio stesso, per evitare fastidiosi fenomeni di risonanza Per edifici civili tale frequenza non deve essere inferiore a 3 H z. Il calcolo elaborato per il solaio SG 75/800 +5,5cm di

## Solai Composti Acciaio Calcestruzzo

Normativa diriferimento : Istruzioni CNR 10016-2000

### Politecnico di Milano

calcestruzzo con spessore lamiera di 0,8 mm dimostra che la frequenza minima è di 7,87 Hz, ben maggiore dei 3 Hz richiesti dalla Normativa citata ed anche dei 4 Hz consigliati da alcuni Autori. Lamiere con spessori maggiori hanno una frequenza minima maggiore, Per solai con lamiere di 1,5 mm e 5,5 cm di calcestruzzo si ha una frequenza minima di 8,92 Hz.

#### Avvertenze

Le tabelle di portata indicano il carico utile, uniformemente distribuito, che il solaio composto può sopportare. La Normativa nazionale per quanto riguarda i carichi prevede anche un carico di 100 Kg concentrato su una superficie di 5 x 5 cm. (ved. D M 25 settembre 2005 ), disposto nel punto più sfavorevole. Sarà cura del. Produttore effettuare delle prove per garantire che il solaio composto possa sopportare tale carico senza danni e/o inconvenienti. Peraltro anche la Normativa sulle lamiere (ved. ad esempio C N R 10022 ) prevede un analogo controllo ai carichi concentrati per garantire la pedonabilità della sola lamiera nel caso dei solai ciò riguarda la prima fase. E' utile ricordare che la stessa CNR 10022 prescrive per le lamiere dei solai composti uno spessore **non minore di 0,7 mm.**

#### Fissaggi

Si dovrà evitare, per prima cosa, che le lamiere appena posate possano cadere o ribaltarsi massima attenzione alle lamiere a sbalzo. Le lamiere, man mano che vengono posate vanno efficacemente fissate alla sottostante struttura di sostegno.

- I sistemi di fissaggio sono diversi potranno essere impiegati: viti autoflettanti e automaschianti, chiodi sparati, bottoni di saldatura, od anche pioli, usati in genere nel caso il solaio collaborante debba costituire con la sottostante struttura una trave composta.
- Il progettista dovrà stabilire il tipo ed il numero di fissaggi da applicare su ogni tegolo di lamiera, numero che in ogni caso non potrà essere inferiore a tre fissaggi per tegola su ogni appoggio. La qualità del materiale che costituisce il fissaggio deve essere certificata. Si dovrà inoltre effettuare una verifica al rifollamento per la lamiera.
- Non è corretto applicare i fissaggi in corrispondenza dell'ala superiore della lamiera grecata. Se una tale procedura dovesse essere obbligatoriamente adottata il progettista avrà la responsabilità di studiare un idoneo collegamento rigido.
- Non è prevista la sovrapposizione longitudinale di due lamiere nel senso della loro lunghezza il giunto testa a testa sarà posizionato solo in corrispondenza di un appoggio ed entrambe le lamiere saranno efficacemente fissate alla struttura. Può essere utile l'applicazione di un nastro adesivo sulle due lamiere per evitare colature di cemento.
- Il giunto laterale tra due lamiere contigue si realizza per sovrapposizione ed i due tegoli di lamiera saranno resi solidali applicando rivetti, o viti autoflettanti, con passo non superiore a 70 cm. in modo da evitare che una lamiera, caricata più dell'altra (come può avvenire ad esempio in fase di getto) abbassandosi lasci fiorire il cemento
- Deve essere prevista la posa di un armatura parallela alle nervature (pari allo 0,2% dell'area di cls al di sopra dell'estradosso della lamiera) in corrispondenza degli appoggi con lo scopo di verificare momenti negativi di continuità. Con spessore solaio cls di 55 mm l'armatura prevista è di 1,10 cm<sup>2</sup>/ml.
- Per ovviare a problemi di fessurazione e per una ripartizione dei carichi concentrati risulta necessaria una rete elettrosaldata (posizionata a 20mm dall'estradosso del cls): con questa rete si può non considerare l'armatura di continuità sugli appoggi, avendo l'avvertenza che la rete elettrosaldata abbia una sezione di almeno 1,10 cm<sup>2</sup>/ml, atta a coprire in corrispondenza degli appoggi tutta la zona interessata dal momento negativo di continuità.
- L'altezza complessiva del solaio composto non deve essere minore di 80mm; lo

spessore del cls (hc) al di sopra dell'estradosso della nervatura della lamiera non deve essere minore di 40 mm, ma se la soletta realizza con la trave portante una membratura composta, oppure utilizzata come diaframma, l'altezza complessiva non deve essere minore di 90 mm con un valore di "hc" minimo di 50 mm.

#### Impiego dei solai collaboranti

##### Norme di riferimento

D M 9 gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" e successivi aggiornamenti e/o modifiche. CNR 10016- 2000 "Strutture composte di acciaio e calcestruzzo Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni"

UNI ENV 1993 - 1 - 3 (Eurocodice 3, parte 1-3) "Regole generali - regole supplementari per l'impiego dei profili e delle lamiere sottili piegati a freddo"

##### Materiali

Lamiera S 320 4D per spessore 7/10 S 280 GD UNI EN 10326 (UNI EN 10147 è superata) Tolleranza negativa della lamiera è = 0.

Calcestruzzo classe 25/30 N / mmq, verificata rispettivamente su provini cilindrici / cubici.

Armatura in acciaio Fe B 38 K ad aderenza migliorata, controllato in stabilimento.

##### Posa in opera

La lamiera grecata in prime fase (cioè fino a quando il sovrastante getto di calcestruzzo non sia maturato) è l'unico sostegno, non solo per il peso del calcestruzzo, ma anche **per le maestranze e mezzi d'opera, valutati in 100 da N/mq uniformemente distribuiti.**

La lamiera verrà disposta sulla sottostante struttura di appoggio su una o più campate, con i conseguenti limiti di impiego per quanto riguarda la luce, limiti che possono essere dovuti o al superamento della freccia elastica (L/180 o in ogni caso non maggiore di 2,0 cm) o al superamento della sollecitazione per la lamiera nella sua sezione più critica in mezzera od in corrispondenza di un appoggio intermedio.

**Nelle tabelle di portata non si è presa in considerazione l'ipotesi di lamiera puntellata in fase di getto, tale accorgimento potrebbe consentire il superamento dei limiti precedentemente indicati e riportati nelle tabelle.**

Va però effettuato un calcolo apposito perché se in prima fase il puntello si comporta come un normale appoggio al momento del disarmo, che avverrà solo dopo la maturazione del getto (mai prima di 28 giorni in condizioni normali), il solaio composto dovrà assorbire un carico concentrato agente dall'alto verso il basso, pari alla reazione del puntello stesso. Il solaio non potrà essere assoggettato a carichi diversi da quelli indicati in precedenza, sia come entità che come tipologia, fino alla completa maturazione del calcestruzzo, tenendo inoltre presente i limiti dovuti alla prima fase.

**Si dovrà avere cura pertanto che all'atto del getto il calcestruzzo non formi dei cumuli la posa del calcestruzzo andrà fatta partendo dagli appoggi verso la mezzera delle campate, in modo il più possibile simmetrico.**

All'atto del getto le lamiere dovranno essere libere da ogni corpo estraneo, pulite, prive di qualsiasi traccia di olio o fango o ghiaccio da qualunque elemento che possa diminuire l'aderenza tra il calcestruzzo e la lamiera grecata.



## Solai Composti Acciaio Calcestruzzo

### Normativa diriferimento : Istruzioni CNR 10016-2000

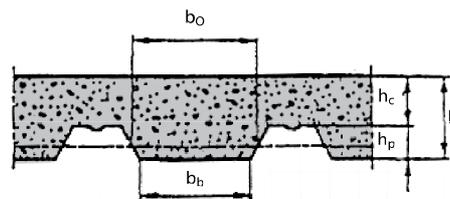
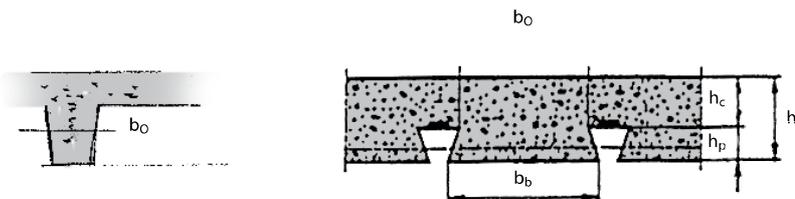
Le lamiere danneggiate devono essere scartate.

**Dovranno inoltre essere rispettate le normali regole per la composizione, il getto e la maturazione del calcestruzzo.**

Per quanto riguarda il diametro massimo degli inerti la CNR 10016-2000, punto 7.7.2, prescrive quanto segue: "La dimensione nominale dell'inerte dipende dalla più piccola dimensione dell'elemento strutturale nel quale il calcestruzzo

è gettato, e non deve superare il più piccolo dei seguenti valori (Fig. 3):

- $0,40 h c$
- $b_0/3$ , dove  $b_0$  è la larghezza media delle nervature (minima larghezza nel caso di forme con profili rientranti);
- 31,5 mm (staccio C31.5): per lamiera SP75/800 massima dimensione: 2 cm.



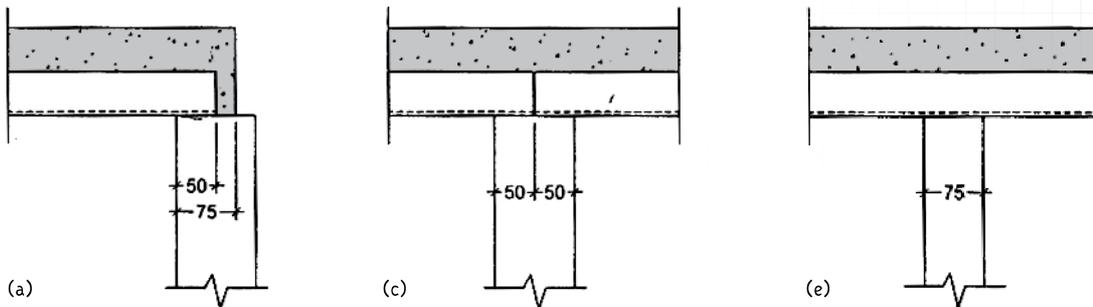
Appoggi (ved. Fig. 4)

Fig. 3 Dimensioni di lamiera e soletta

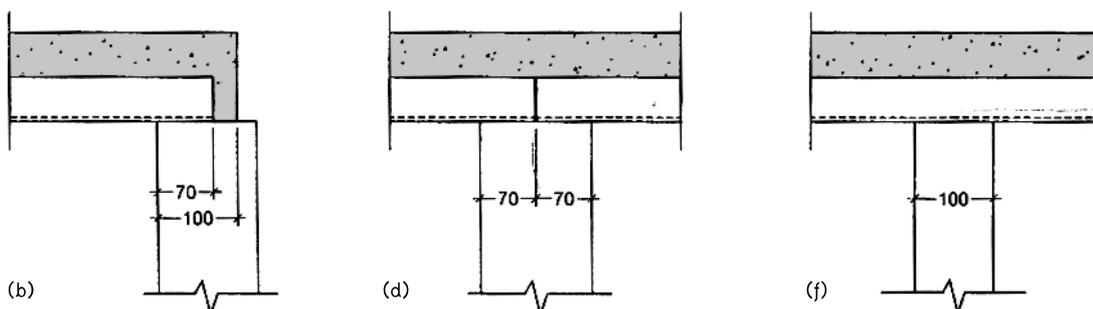
Le solette composte sostenute da elementi di acciaio o calcestruzzo avranno una larghezza di appoggio minimo di 75 mm, con una dimensione di appoggio del bordo della lamiera grecata di almeno 50 mm [(figure (a) e (c)]. Nel caso in cui le solette composte siano sostenute da elementi in materiale diverso i valori precedentemente indicati divengono, rispettivamente, pari almeno a

100 e 70 mm [figure (b) e (d)]. Per lamiere continue che poggiano su elementi di acciaio o calcestruzzo l'appoggio minimo sarà di 75 mm e se l'appoggio è costituito da elementi di altro materiale la sua dimensione minima sarà di 100 mm. [fig. (e) ed (f)]

Fig. 4



a) appoggi su acciaio e calcestruzzo



b) appoggi su altri materiali come muratura o blocchi

## Istruzioni base per posa delle lamiere

vedere a completamento le note generali di montaggio

### 1) Pulire la lamiera da olio, fango etc...

### 2) Posare lamiera con seguenti modalità:

#### a) Appoggi di non continuità (dett.1)

le lamiere devono essere accostate testa a testa (mai sovrapposte) con appoggio minimo di 50 mm. per ogni lamiera (appoggio struttura acciaio e muro cls)

#### b) Appoggio di continuità (dett.2)

La lamiera dovrà avere un appoggio minimo di 75 mm. su struttura acciaio e muri cls.

#### c) Appoggio laterale

##### parallelo alle nervature del pannello di lamiera (dett.3)

I pannelli di lamiera perimetrali dovranno avere l'appoggio longitudinale continuo di almeno tutta la nervatura esterna.

### 2) Posa di lamiera perimetrale di getto.

### 4) Fissaggi: con viti autofilettanti/automaschianti Ø 6,3 come indicato note generali

#### a) Appoggi di non continuità

Un fissaggio ogni greca per tutte e due le lamiere

#### b) Appoggio di continuità

Un fissaggio ogni greca

#### c) Appoggio laterale

Un fissaggio ogni 25 cm. (dett.3)

#### d) Giunzione tra due pannelli continui (dett.4)

La giunzione longitudinale tra due pannelli di lamiera contigui viene realizzata per sovrapposizione delle due nervature terminali fissate tra loro con rivetto o viti autofilettanti ogni 70 cm.

### 5) Posa di eventuale nastro adesivo (dett. 1)

### 6) Posa di rete elettrosaldata

posizionata con opportuni distanziatori a 20 mm. dall'estradosso della soletta di calcestruzzo con l'avvertenza di non interruzioni della rete in corrispondenza degli appoggi: la rete dovrà coprire ai due lati di un appoggio almeno lo  $0,30 \div 0,30$  della luce delle due campate contigue.

Per altezza solaio H=12 cm.

la rete dovrà avere una maglia minima con  $0,9 \text{ cm}^2/\text{ml} - \varnothing 5$  maglia 20x20

Per altezza solaio H=13 cm.

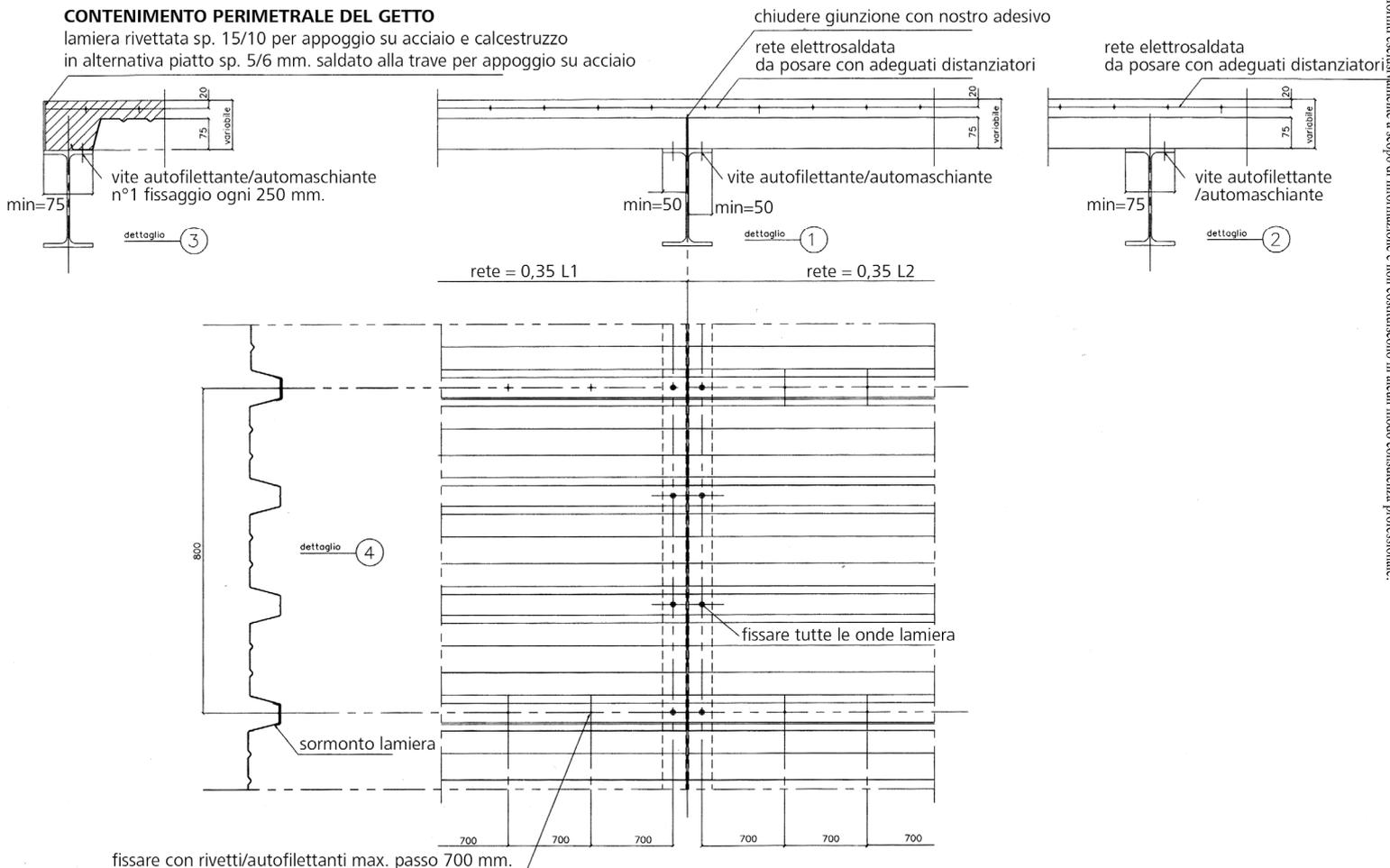
la rete dovrà avere una maglia minima con  $1,1 \text{ cm}^2/\text{ml} - \varnothing 6$  maglia 20x20

### 7) Getto calcestruzzo

con caratteristiche indicate sulle note generali e con l'accortezza di evitare cumuli di calcestruzzo in campata.

### CONTENIMENTO PERIMETRALE DEL GETTO

lamiera rivettata sp. 15/10 per appoggio su acciaio e calcestruzzo  
in alternativa piatto sp. 5/6 mm. saldato alla trave per appoggio su acciaio



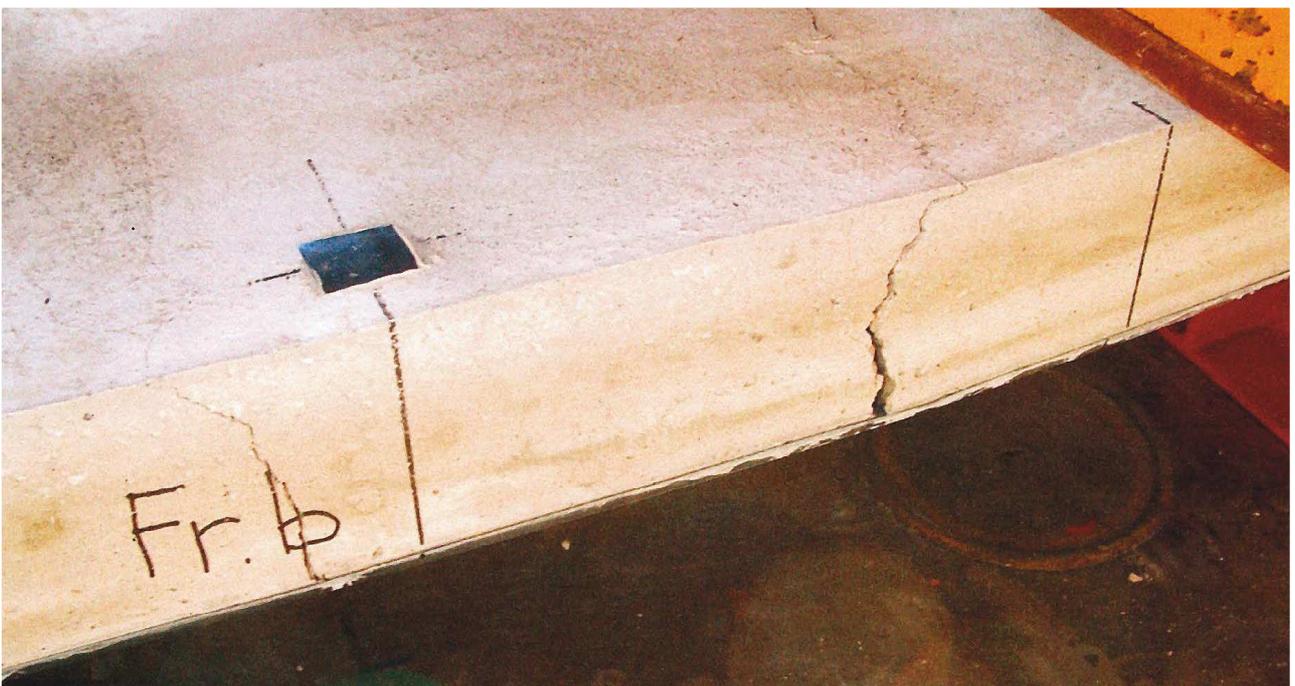


**Politecnico di Milano**  
Dipartimento di ingegneria strutturale  
Laboratorio prove materiali

Documentazione Fotografica



Prototipo Spinelli 3800 durante la prova.



Dettaglio del prototipo Spinelli 3800 durante la prova.

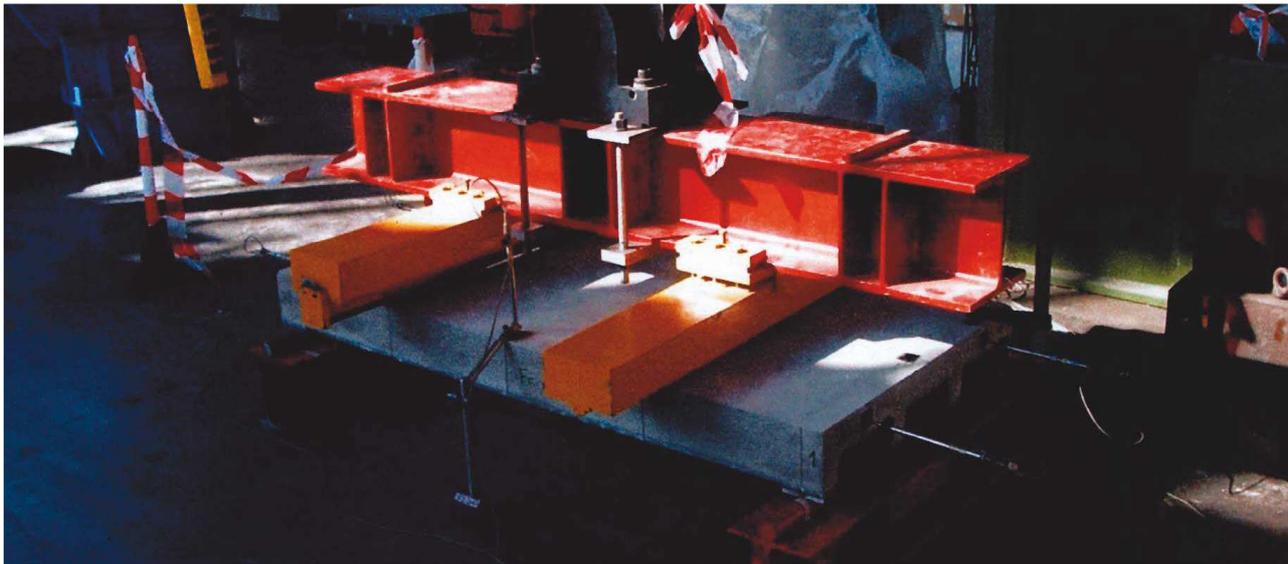
**Politecnico di Milano**

Dipartimento di ingegneria strutturale

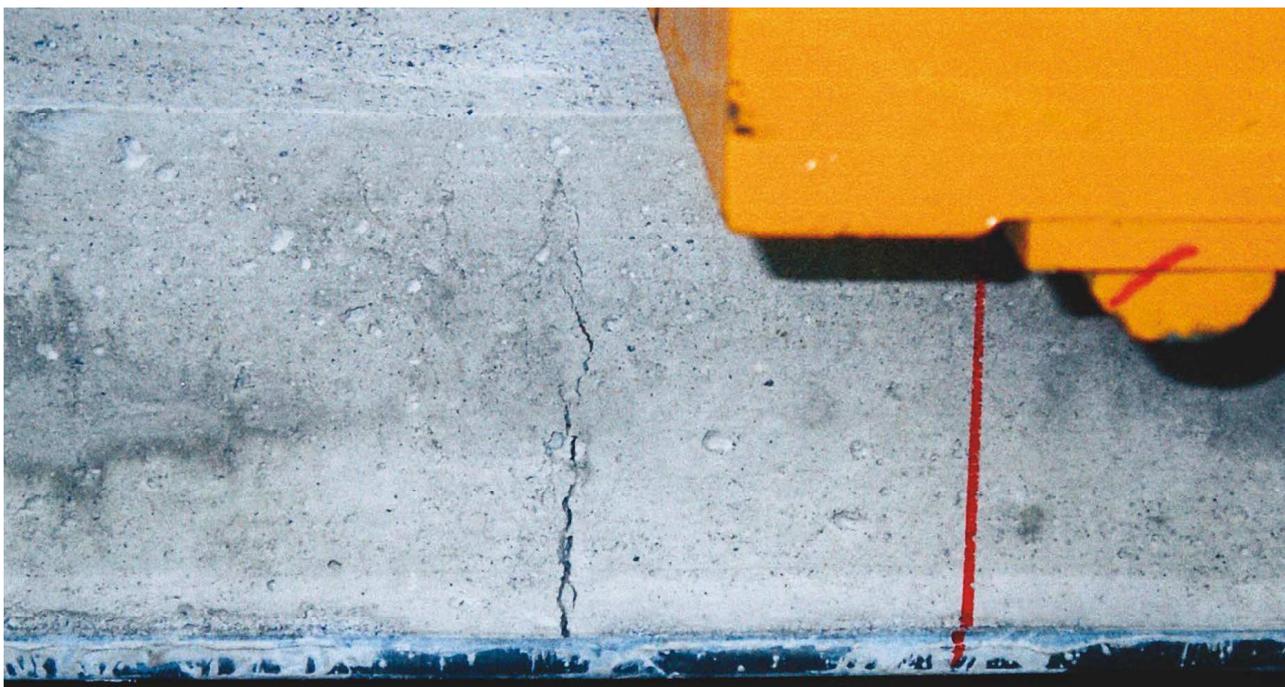
Laboratorio prove materiali

Documentazione Fotografica

Par assicurando la massima diligenza nella compilazione, si declina da ogni responsabilità per eventuali errori ed omissioni. I dati tecnici sono forniti esclusivamente a scopo di informazione e non costituiscono in alcun modo consulenza professionale.



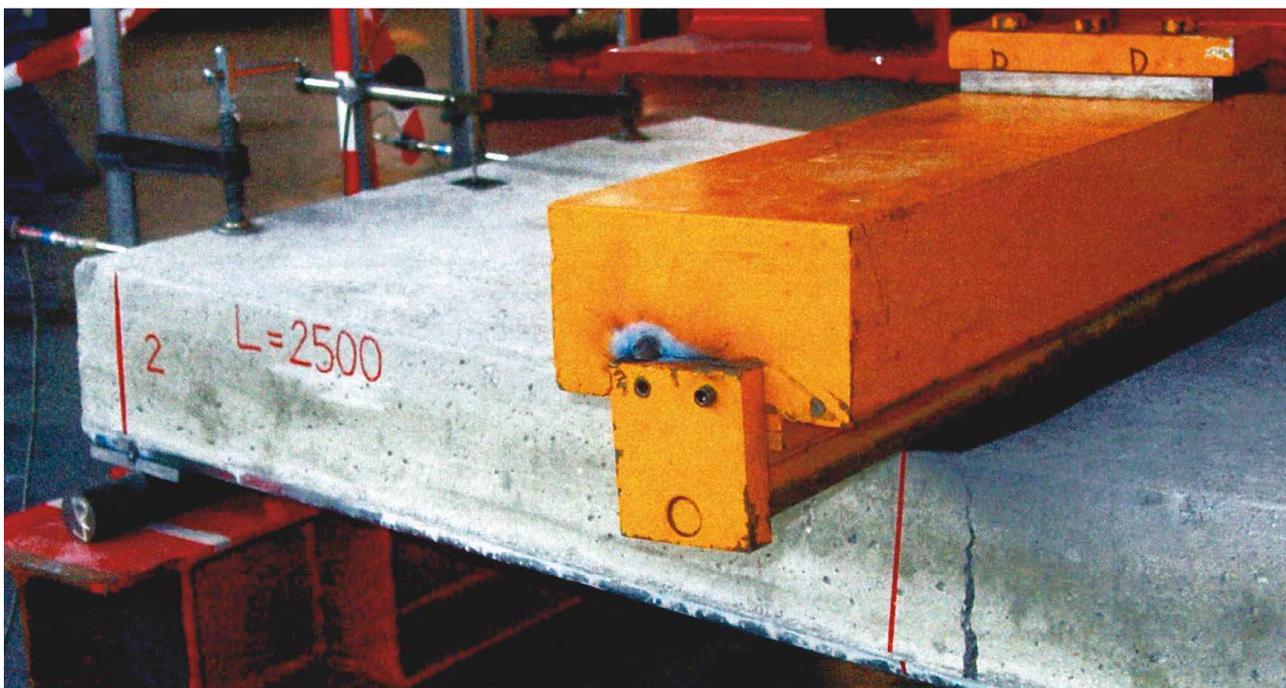
Prototipo Spinelli 3800 durante la prova.



Dettaglio del prototipo Spinelli 3800 durante la prova.



Prototipo Spinelli 1600 durante la prova.



Dettaglio del prototipo Spinelli 1600 durante la prova.