

# Il punzonamento

Eurocodice 2 vers. 1993

Pier Paolo Rossi

# PUNZONAMENTO

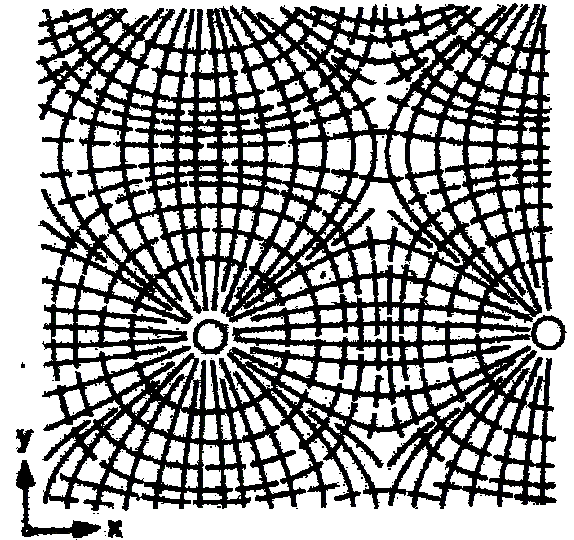
## Considerazioni

Il pericolo del punzonamento sussiste nelle piastre con appoggio o carico puntiforme. Ovvero, esso può risultare da un carico concentrato o da una reazione agente su un'area relativamente piccola di una piastra o di una fondazione, genericamente definita "area caricata".

# PUNZONAMENTO

## Considerazioni

Con le piastre con appoggio a punti oppure nelle piastre di fondazione per pilastri singoli, nella zona dei pilastri si producono momenti principali che ambedue negativi si sviluppano in cerchi concentrici e radialmente, originando fessurazioni circolari da flessione che a causa della contemporanea presenza di taglio proseguono nella piastra con una leggera inclinazione.

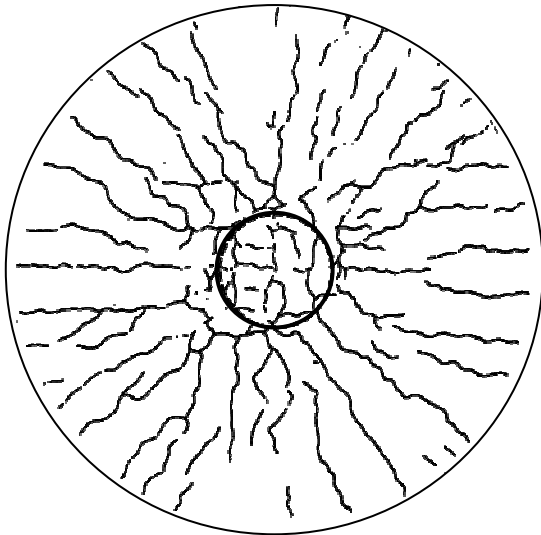


Linee dei momenti principali di un solaio a fungo sottoposto ad un carico uniformemente ripartito

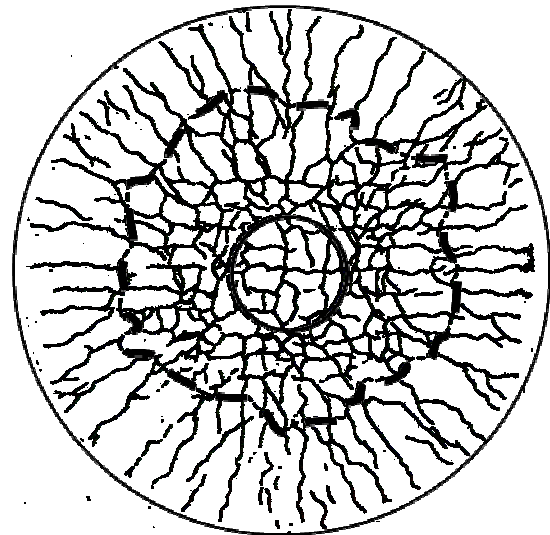
# PUNZONAMENTO

## Modalità di fessurazione e collasso

Per bassi valori del carico le dilatazioni tangenziali sono maggiori di quelle radiali. Per tal motivo si producono dapprima delle fessurazioni radiali e solo agli stadi superiori di carico alcune poche fessurazioni circolari



Carico di servizio

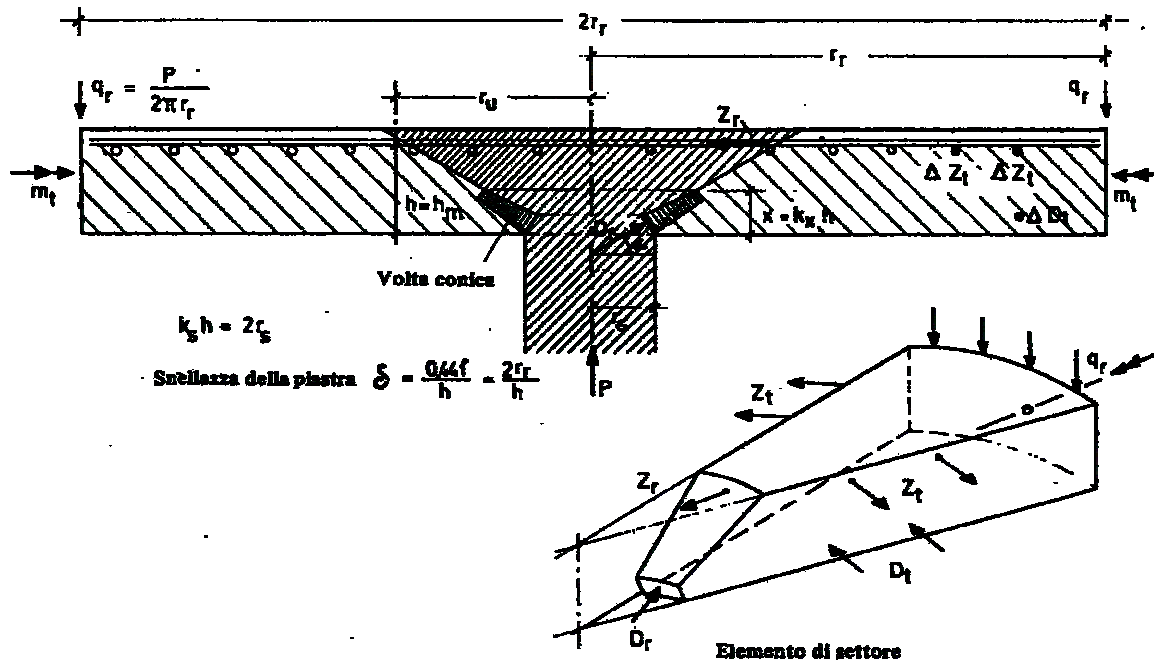


Carico di collasso

(tratto da F. Leonhardt: Calcolo di progetto e tecniche costruttive)

# PUNZONAMENTO

## Considerazioni

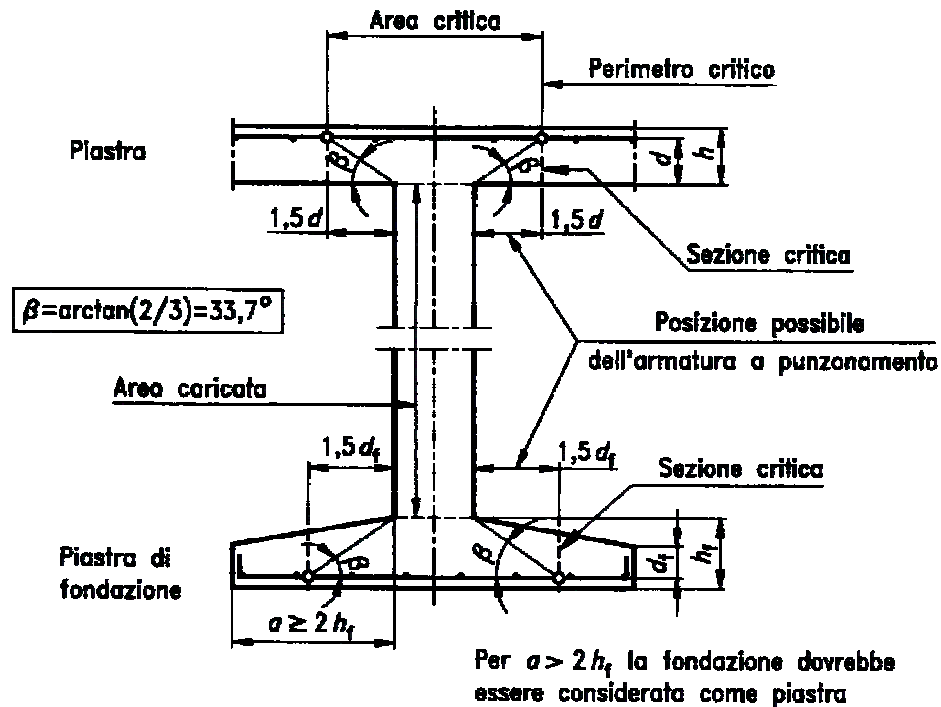


(tratto da F. Leonhardt: Calcolo di progetto e tecniche costruttive)

# PUNZONAMENTO

## Generalità (4.3.4)

Il punzonamento può risultare da un carico concentrato o da una reazione agente su un'area relativamente piccola di una piastra o di una fondazione, definita "area caricata".



# PUNZONAMENTO

## Generalità (4.3.4)

- La resistenza a taglio deve essere verificata lungo un perimetro critico definito.
- Nelle piastre soggette a punzonamento non è di regola consentito ridurre incrementare il  $V_{Rd1}$  per effetto arco. Nelle piastre di fondazione il taglio agente può essere ridotto per tenere conto della reazione del terreno all'interno del perimetro critico.

# PUNZONAMENTO

## Generalità (4.3.4)

- Se lo spessore di una piastra o di una fondazione non è sufficiente ad assicurare una resistenza a punzonamento adeguata, si deve disporre un'armatura a taglio o realizzare dei capitelli o predisporre altri tipi di connettori a taglio.
- La percentuale di armatura tesa longitudinale in due direzioni perpendicolari  $x$  ed  $y$  (calcolata tenendo conto della eventuale differenza delle altezze utili nelle due direzioni) deve di regola essere maggiore dello 0,5%.



# PUNZONAMENTO

## Area caricata (4.3.4.2.1)

Le disposizioni di questa sezione si applicano se l'area caricata é:

a) di forma ( $d$  indica l'altezza utile media della piastra):

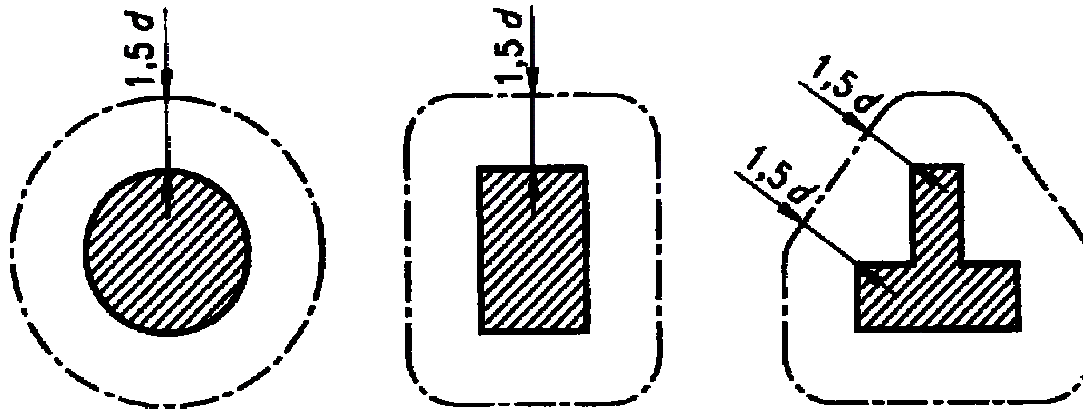
- circolare, con diametro non maggiore di  $| \underline{3,5} d |$ ;
- rettangolare, con perimetro non maggiore di  $( I: | \underline{10} d | )$  e rapporto lunghezza larghezza non maggiore di  $| \underline{2} |$ ;
- qualunque, con dimensioni limite fissate per analogia con le forme sopra descritte.

b) non così vicina ad altre aree soggette a forze concentrate da intersecarne il perimetro critico, né situata in una zona soggetta a forze di taglio significative di origine diversa.

# PUNZONAMENTO

## Perimetro critico (4.3.4.2.2)

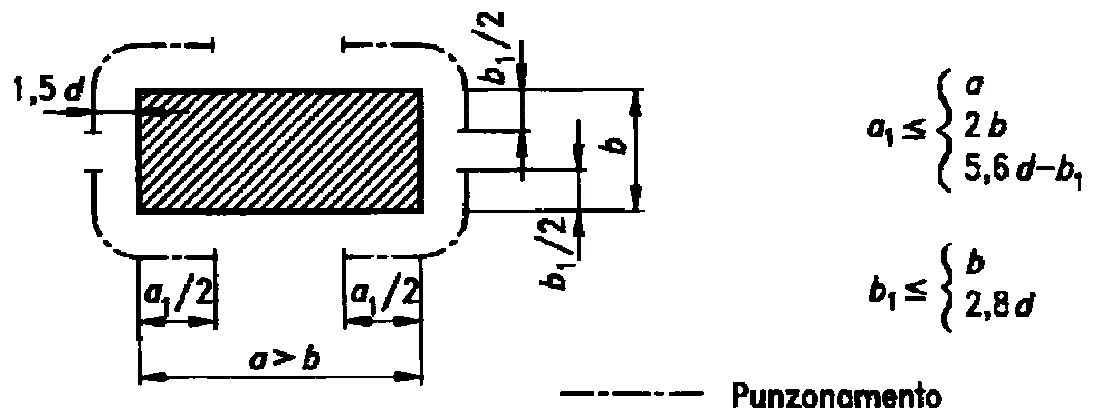
Il perimetro critico per aree caricate circolari o rettangolari lontane da bordi liberi è definito come il perimetro che circonda l'area caricata, a una distanza pari a  $1,5 d$ .



# PUNZONAMENTO

## Perimetro critico (4.3.4.2.2)

Se le condizioni formulate al punto a) non sono soddisfatte per muri o pilastri rettangolari, poiché la forza di taglio per appoggi di forma allungata è concentrata negli angoli, vanno di regola considerati, in assenza di un'analisi più dettagliata, solo i perimetri critici della figura.

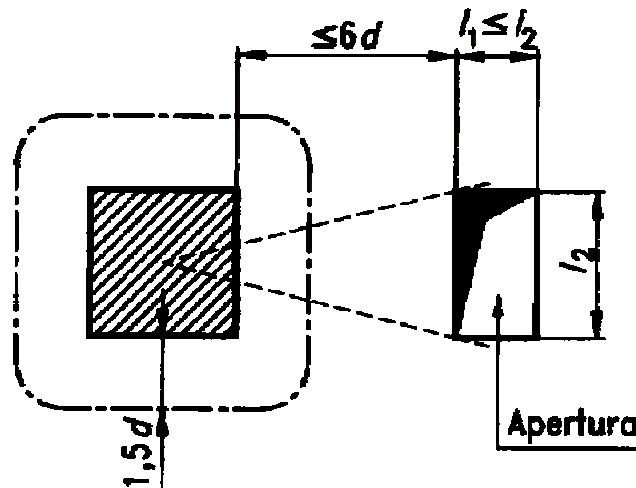


Applicazione delle prescrizioni sul punzonamento in casi non usuali

# PUNZONAMENTO

## Perimetro critico (4.3.4.2.2)

Per aree caricate situate vicino ad aperture, se la minore distanza tra il perimetro dell'area caricata e il bordo dell'apertura non è maggiore di  $|6d|$  si considera inefficace quella parte del perimetro critico contenuta tra due tangenti tracciate dal centro dell'area caricata fino al contorno dell'apertura.

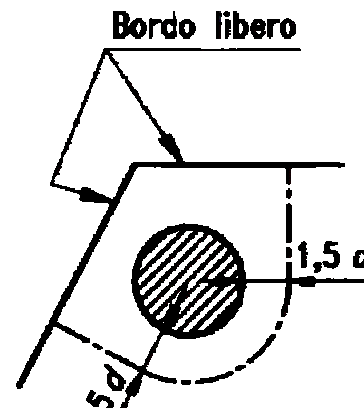
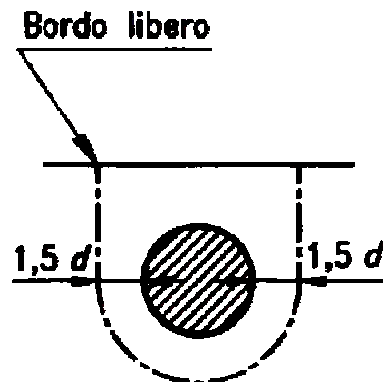


Per  $l_1 > l_2$  sostituire  
 $l_2$  con  $\sqrt{l_1 \cdot l_2}$

# PUNZONAMENTO

## Perimetro critico (4.3.4.2.2)

- Per un'area caricata situata vicino a un bordo libero o a un angolo, il perimetro critico va di regola assunto come indicato in figura, se risulta un perimetro (escludendo i bordi liberi) minore di quello ottenuto con le indicazioni fornite precedentemente.
  - Per aree caricate situate vicino o su un bordo libero o vicino o su un angolo, cioè a una distanza minore di  $d$ , è sempre richiesta un'armatura speciale di bordo lungo il bordo stesso.



# PUNZONAMENTO

Metodo di calcolo per la verifica a punzonamento  
(4.3.4.3)

Il metodo specificato nel seguito è basato su tre valori della resistenza di calcolo a taglio lungo il perimetro critico:

- $V_{Rd1}$  è la resistenza di calcolo a taglio per unità di lunghezza di perimetro critico, per una piastra senza armatura a taglio;
- $V_{Rd2}$  è la massima resistenza di calcolo a taglio per unità di lunghezza di perimetro critico, per una piastra con armatura a taglio;
- $V_{Rd3}$  è la resistenza di calcolo a taglio per unità di lunghezza di perimetro critico, per una piastra con armatura a taglio.

# PUNZONAMENTO

Metodo di calcolo per la verifica a punzonamento  
(4.3.4.3)

- Non è richiesta armatura a taglio se

$$V_{Sd} < V_{Rd1}$$

- Se  $v_{Sd}$  è maggiore di  $v_{Rd1}$  vanno di regola disposte armature a taglio, o altre forme di connettori a taglio a seconda dei casi, in modo che:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd3}$$

# PUNZONAMENTO

Metodo di calcolo per la verifica a punzonamento  
(4.3.4.3)

Nel caso di carico concentrato o di reazione di appoggio,  
il taglio applicato per unità di lunghezza vale:

$$v_{Sd} = V_{Sd} \beta / u$$

dove:

$V_{Sd}$  è il valore di calcolo della forza totale di taglio agente.

In una piastra detta azione si calcola lungo il perimetro  $u$ .

Per una fondazione si calcola lungo il perimetro della base del tronco  
di cono di punzonamento, che si suppone formare un angolo di  
purché tale perimetro cada all'interno della

33,7°,  
fondazione;

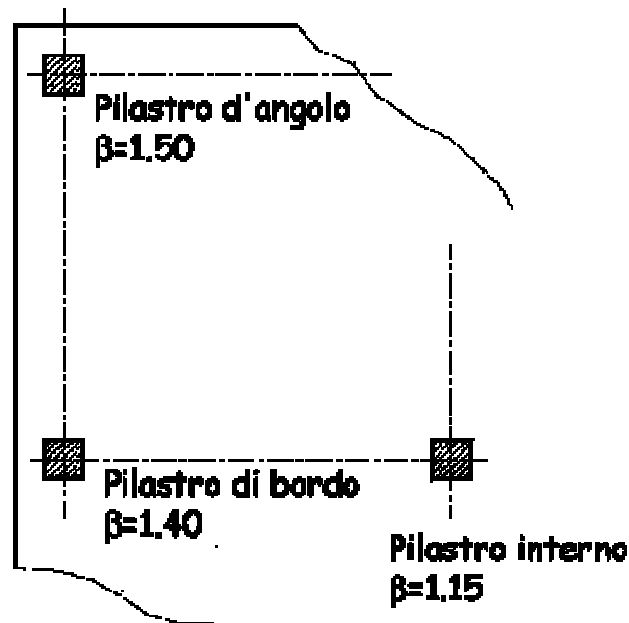
$u$  è il perimetro della sezione critica;

$\beta$  è il coefficiente che tiene conto degli effetti  
dell'eccentricità del carico.



# PUNZONAMENTO

Valutazione approssimata del coefficiente  $\beta$  (4.3.4.3)



Se nessuna eccentricità dei carichi è possibile,  
 $\beta$  può essere assunto pari ad 1.0.

# PUNZONAMENTO

Piastre o fondazioni senza armatura a taglio-punzonamento (4.3.4.5.1.)

La resistenza a taglio per unità di lunghezza  $v_{Rd1}$  di piastre non precomprese è data da:

$$v_{Rd1} = \tau_{Rd} \, k \, (1,2 + 40 \, \rho_l) \, d$$

dove:

$\tau_{Rd}$  è la resistenza unitaria a taglio di calcolo di riferimento

$k = \lfloor \underline{(1,6 - d) \geq 1,0} \rfloor$  ( $d$  in metri);

$\rho_l$   $\rho_{1x}$  e  $\rho_{1y}$  si riferiscono all'armatura tesa disposta nelle direzioni  $x$  e  $y$ .

$d$   $(d_x + d_y)/2$ ;  $d_x$  e  $d_y$  sono le altezze utili della piastra nei punti in cui la superficie di rottura interseca l'armatura longitudinale rispettivamente nelle direzioni  $x$  e  $y$ .

# PUNZONAMENTO

## Piastre contenenti armatura a punzonamento (4.3.4.5.2.)

In piastre contenenti armatura a taglio le resistenze al taglio sono date da:

$$v_{Rd2} = | 1,6 | v_{Rd1}$$
$$v_{Rd3} = v_{Rd1} + \sum A_{sw} f_{yd} \sin \alpha / u$$

dove:

$\sum A_{sw} f_{yd} \sin \alpha$  è la somma delle componenti delle forze di snervamento di calcolo nell'armatura a taglio nella direzione della forza applicata, essendo  $\alpha$  l'angolo tra l'armatura e il piano della piastra.

Nota: Per altri tipi di armatura a taglio (per esempio inserti in profilati),  $v_{Rd3}$  può essere determinata con prove sperimentali o ricavata da documenti appropriati.

# PUNZONAMENTO

## Piastre contenenti armatura a punzonamento (4.3.4.5.2.)

L'armatura a taglio sarà disposta all'interno dell'area critica.

La verifica può essere fatta considerando la quantità totale di armatura a punzonamento, posta tra il perimetro critico e l'area caricata:

$$\rho_w = \sum A_{sw} f_{yd} \sin \alpha / (A_{crit} - A_{load})$$

dove

$A_{crit}$  è l'area all'interno del perimetro critico;

$A_{load}$  è l'area all'interno dell'area caricata.

Le piastre prive di nervature contenenti armatura a taglio devono avere, di regola, uno spessore minimo di 200 mm.

# PUNZONAMENTO

Momenti minimi di calcolo per nodi piastra-pilastro soggetti a carico eccentrico(4.3.4.5.3.)

Per assicurare che la resistenza a punzonamento possa svilupparsi, la piastra deve, di regola, essere progettata per momenti flettenti minimi per unità di larghezza  $m_{Sdx}$  e  $m_{Sdy}$ , nelle direzioni  $x$  e  $y$ , a meno che l'analisi strutturale conduca a valori più elevati. In assenza di altre disposizioni va di regola soddisfatta l'equazione:

$$m_{Sdx} \text{ (o } m_{Sdy}) \geq \eta V_{Sd}$$

dove:

$V_{Sd}$  è il taglio totale agente;  
 $\eta$  è il coefficiente di momento.

Nella verifica dei corrispondenti momenti resistenti vanno, di regola, considerate solo quelle barre di armatura che sono adeguatamente ancorate oltre l'area critica

# PUNZONAMENTO

Momenti minimi di calcolo per nodi piastra-pilastro soggetti a carico eccentrico(4.3.4.5.3.)

Posizione del pilastro	$\eta$ per $m_{Sdx}$			$\eta$ per $m_{Sdy}$		
	estradosso	intradosso	larghezza efficace	estradosso	intradosso	larghezza efficace
<b>pilastro interno</b>	-0,125	0	$0,3 l_y$	-0,125	0	$0,3 l_x$
<b>pilastro di bordo, bordo della piastra parallelo all'asse x</b>	-0,25	0	$0,15 l_y$	-0,125	+0,125	(per m)
<b>pilastro di bordo, bordo della piastra parallelo all'asse y</b>	-0,125	+0,125	(per m)	-0,25	0	$0,15 l_x$
<b>pilastro d'angolo</b>	-0,5	+0,5	(per m)	+0,5	-0,5	(per m)

Momenti flettenti  $m_{Sdx}$  e  $m_{Sdy}$  in nodi trave-piastra soggetti a carico eccentrico e larghezza efficace per l'assorbimento di tali momenti