

Il punzonamento

Eurocodice 2 vers. 1993

Pier Paolo Rossi

PUNZONAMENTO

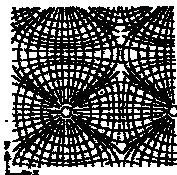
Considerazioni

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.

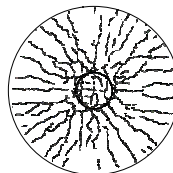


Linee dei momenti principali di un solai a fungo sottoposto ad un carico uniformemente ripartito

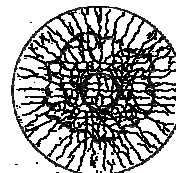
PUNZONAMENTO

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

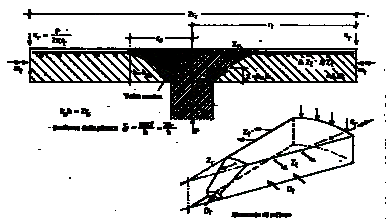


Carico di collasso

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

PUNZONAMENTO

Considerazioni

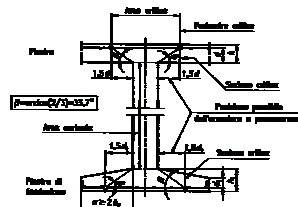


(tratto da F. Leonhardt: Calcolo di progetto e tecniche costruttive)

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".



Per $\alpha > 24^\circ$ la limitazione dovuta essere considerata come platea.

Eurocodice 2 vers. 1993

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.

Eurocodice 2 vers. 1993

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%.

Eurocodice 2 vers. 1993

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 $|3,5 d|$;
- rettangolare, con perimetro non maggiore di $(1: |10 d|)$ e rapporto lunghezza larghezza non maggiore di $|2|$;

- qualunque, con dimensioni limite fissate per analogia con le forme sopra descritte.

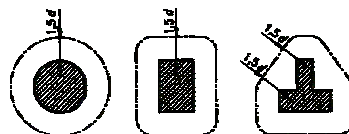
b) non così vicina ad altre aree soggette a forze concentrate da intersecarne il perimetro critico, né situata in una zona soggetta a forze di taglio significative di origine diversa.

Eurocodice 2 vers. 1993

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 $1,5 d$.

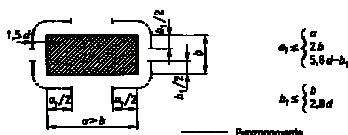


Eurocodice 2 vers. 1993

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.



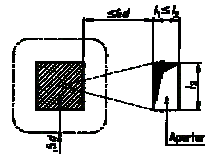
Applicazione delle prescrizioni sul punzonamento in casi non usuali

Eurocodice 2 vers. 1993

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 $|6 d|$ 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 $\sqrt{l_1 \cdot l_2}$

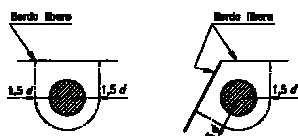
Eurocodice 2 vers. 1993

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 a su un bordo libero o vicino a su un angolo, cioè a una distanza minore di d_f è sempre richiesta un'armatura speciale di bordo lungo il bordo stesso.



Eurocodice 2 vers. 1993

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 armatura a taglio.

Eurocodice 2 vers. 1993

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:

$$v_{Sd} \leq v_{Rd3}$$

Eurocodice 2 vers. 1993

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

33,7°,

fondazione;

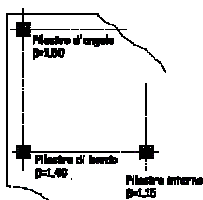
u è il perimetro della sezione critica;

β è il coefficiente che tiene conto degli effetti dell'eccentricità del carico.

Eurocodice 2 vers. 1993

PUNZONAMENTO

Valutazione approssimata del coefficiente β (4.3.4.3)



Se nessuna eccentricità dei carichi è possibile, β può essere assunto pari ad 1.0.

Eurocodice 2 vers. 1993

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:

τ_{Rd} è la resistenza unitaria a taglio di calcolo di riferimento

$k = \left| \frac{1,6 - d}{1,0} \right|$ (d in metri);

ρ_{lx} e ρ_{ly} 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 .

Eurocodice 2 vers. 1993

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 α 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.

Eurocodice 2 vers. 1993

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:

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

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.

Eurocodice 2 vers. 1993

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;
 η 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

Eurocodice 2 vers. 1993

PUNZONAMENTO

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

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

Eurocodice 2 vers. 1993