

8. Fondazioni su pali



Si definiscono **indirette** o **profonde** quelle fondazioni in cui il terreno resistente si trova a una certa profondità rispetto al piano di campagna (►1); il carico è trasferito al terreno resistente tramite pali, sfruttando in genere anche l'attrito laterale.

Si possono quindi avere *plinti su pali*, *fondazioni continue su pali*, *platee su pali*. La disposizione più semplice e più frequente per i plinti vede i pali disposti in corrispondenza degli spigoli (►FIGURA 1). Per le fondazioni continue è invece comune la disposizione di ►FIGURA 2.

Per evitare un'eccessiva interferenza e non deprimere troppo la portanza complessiva è opportuno disporre i singoli pali a interasse non minore di tre volte il diametro. Quando la palificata è formata da pali che portano prevalentemente per attrito laterale (*pali sospesi*), è opportuno aumentare l'interasse minimo a 4 o 5 volte il diametro e a non meno del 10% della lunghezza del palo

I pali, che resistono bene agli sforzi assiali, sono poco adatti per resistere al momento flettente.

È quindi opportuno che la risultante dei carichi trasmessi passi per il baricentro della palificata (►2). Dovrà essere:

$$N_p \leq \bar{Q}$$

dove:

- N_p è lo sforzo normale di progetto agente sulla palificata, comprensivo dei carichi verticali trasmessi dall'edificio, del peso della fondazione e del peso proprio dei pali;
- \bar{Q} è la portanza ammissibile della palificata (DM 88), ottenuta applicando alla portanza limite un coefficiente di sicurezza non minore di 2,5.

►1 Terzaghi definisce *profonde* le fondazioni con rapporto $D/B \geq 10$ (si riveda la ►FIGURA 13 del paragrafo 4).

►2 In presenza di azioni orizzontali abbastanza forti, come nelle spalle dei ponti ad arco o nei muri di sostegno della terra, si preferisce usare pali inclinati; l'inclinazione dei pali è normalmente limitata da difficoltà esecutive e di solito non supera i 20°.

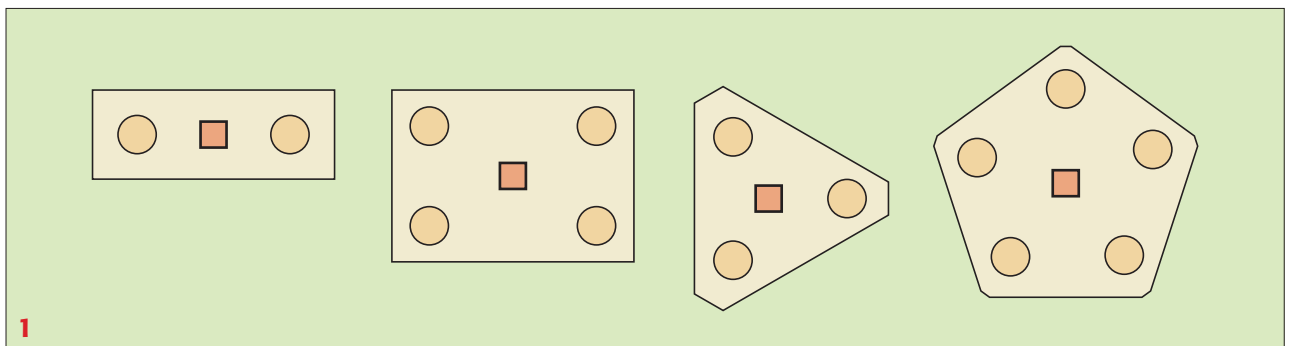


FIGURA 1 Fondazioni isolate su pali.

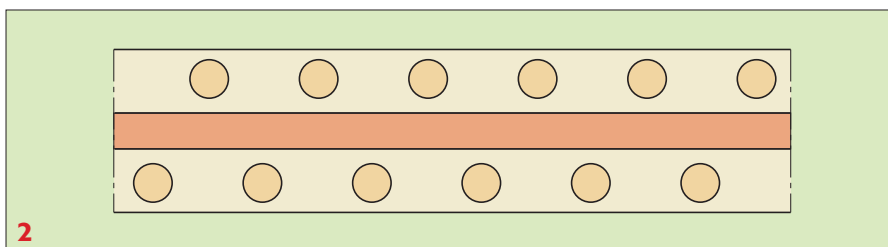


FIGURA 2 Fondazione continua su pali.

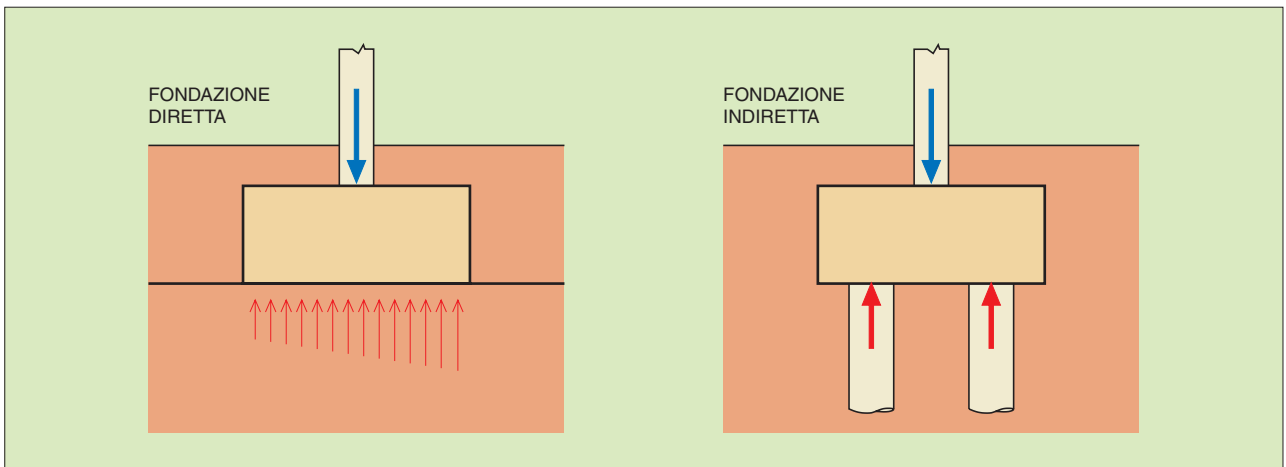


FIGURA 3 Il terreno trasmette carichi distribuiti alle fondazioni dirette e carichi concentrati in corrispondenza dei pali alle fondazioni indirette.

Per il calcolo della fondazione si ammette che tutto il carico proveniente dalle strutture in elevazione venga trasmesso ai pali e non al terreno a contatto con la base della fondazione. Di conseguenza la fondazione indiretta è soggetta a carichi concentrati, non solo da parte dai pilastri ma anche dei pali (► FIGURA 3).

Lo schema di calcolo più spontaneo, che è quello della ► FIGURA 4a, può portare a risultati molto lontani dalla realtà. Infatti la piccola distanza tra i pali conferisce alla fondazione un comportamento di *trave tozza*, con luci paragonabili alle dimensioni della sezione o anche minori. È preferibile in questi casi ricorrere al modello del *sistema di bielle* (► FIGURA 4b) formato da tiranti in acciaio e puntoni in CLS. Lo sforzo nelle armature tese si calcola imponendo l'equilibrio di uno dei nodi. Si ha:

$$S_t = \frac{N}{n} \operatorname{tg} \alpha = \frac{N}{n} \frac{i}{2d}$$

$$\text{ossia } S_t = \frac{Ni}{2nd}$$

dove:

- N comprende il carico verticale P e il peso proprio della fondazione;
- n è il numero dei pali nella direzione considerata;
- d è l'altezza utile della fondazione;
- i è l'interasse tra i pali nella direzione interessata.

L'area dei ferri da disporre nella zona tesa della fondazione deve essere almeno pari a (► 3):

$$\frac{S_t}{\bar{\sigma}_s} = \frac{Ni}{2nd \cdot \bar{\sigma}_s}$$

APPLICAZIONE

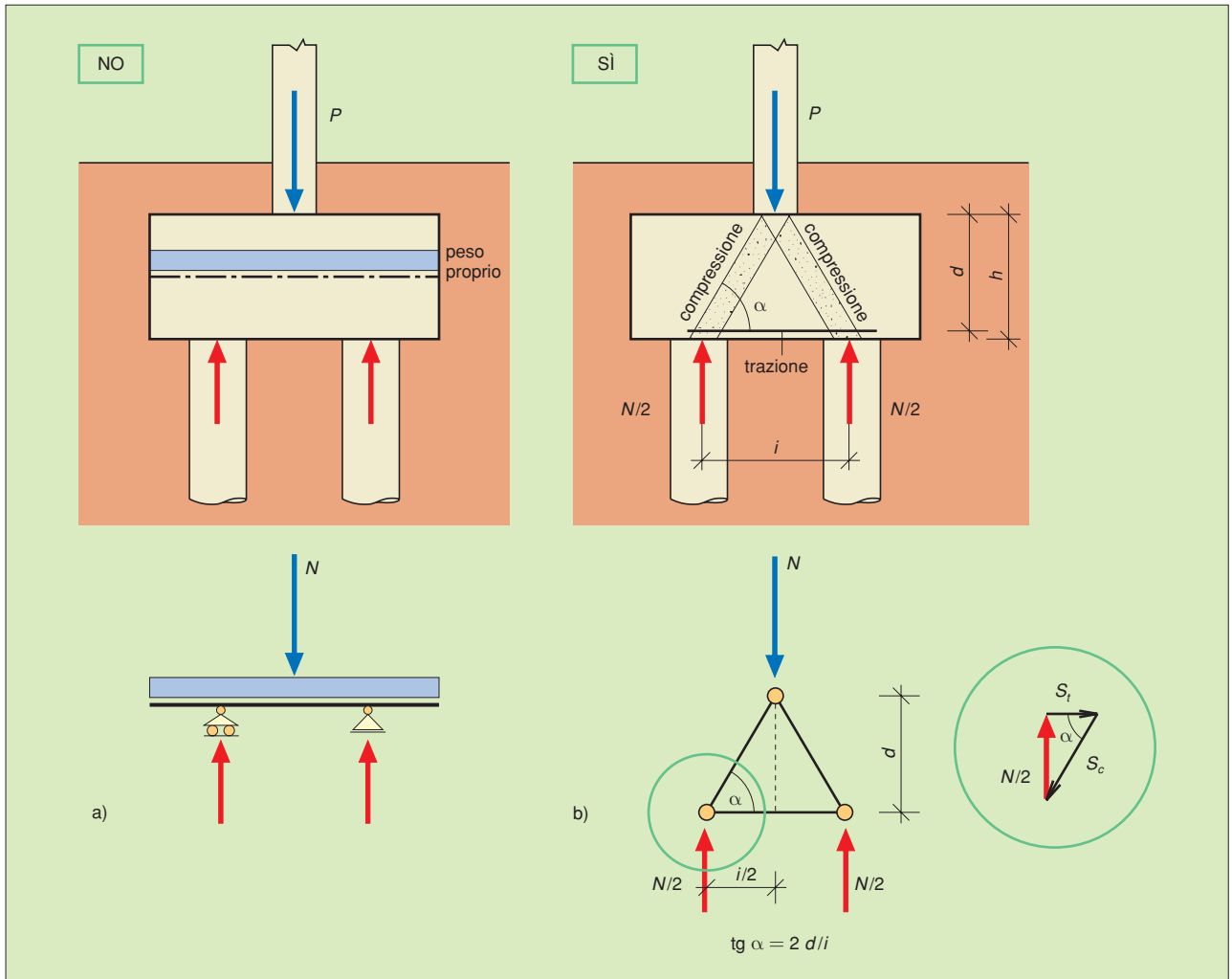
Progettare il plinto su pali per un pilastro che scarica alla base il carico $P = 1200 \text{ kN}$, utilizzando pali $\phi 50$ con portanza $Q_u = 1000 \text{ kN}$.

Si decide di realizzare un plinto di altezza 110 cm e base 300 cm \times 300 (► FIGURA 5a). Tenendo conto del peso proprio del plinto ($0,3^2 \cdot 1,1 \cdot 25 \cong 2,5 \text{ kN}$) si ha:

$$N = 1200 + 2,5 = 1202,5 \text{ kN}$$

Poiché la portanza ammissibile della palificata $Q = 0,85 \cdot 4 \cdot 1000/2,5 = 1360 \text{ kN}$ è maggiore di N , i quattro pali disposti sono sufficienti.

► 3 *Travilog Titanium*. Il modulo PLINTI calcola i plinti su pali, restituendo il carico competente a ogni palo e l'armatura del plinto.



L'armatura del plinto può essere calcolata e disposta in direzione parallela ai lati o in direzione diagonale.

Armatura parallela ai lati ($i = 2,00$ m). Si ha:

$$S_t = \frac{Ni}{2nd} = \frac{1202,5 \cdot 2,00}{2 \cdot 4 \cdot 1,05}$$

e quindi:

$$A_s = \frac{S_t}{\bar{\sigma}_s} = \frac{286\,000}{255} = 1122 \text{ mm}^2 = 11,2 \text{ cm}^2$$

L'armatura può essere disposta lungo il perimetro, a collegamento dei pali (► FIGURA 5b), oppure diffusa a griglia su tutta la base, anche sotto forma di rete elettrosaldata.

Armatura diagonale ($i = 2,00 \cdot \sqrt{2} \text{ m} = 2,82$ m). Si ha:

$$S_t = \frac{Ni}{2nd} = \frac{1202,5 \cdot 2,82}{2 \cdot 4 \cdot 1,05} \cong 403 \text{ kN}$$

e quindi:

$$A_s = \frac{S_t}{\bar{\sigma}_s} = \frac{403\,000}{255} = 1580 \text{ mm}^2 = 15,80 \text{ cm}^2$$

Per evitare fessurazioni è comunque opportuno disporre anche quattro gruppi di barre parallele ai lati, in quantità pari ad almeno la metà di quelle calcolate nel caso precedente (► FIGURA 5c).

FIGURA 4 Per calcolare le armature di elementi tozzi è opportuno utilizzare il modello di calcolo a sistema di bielle.

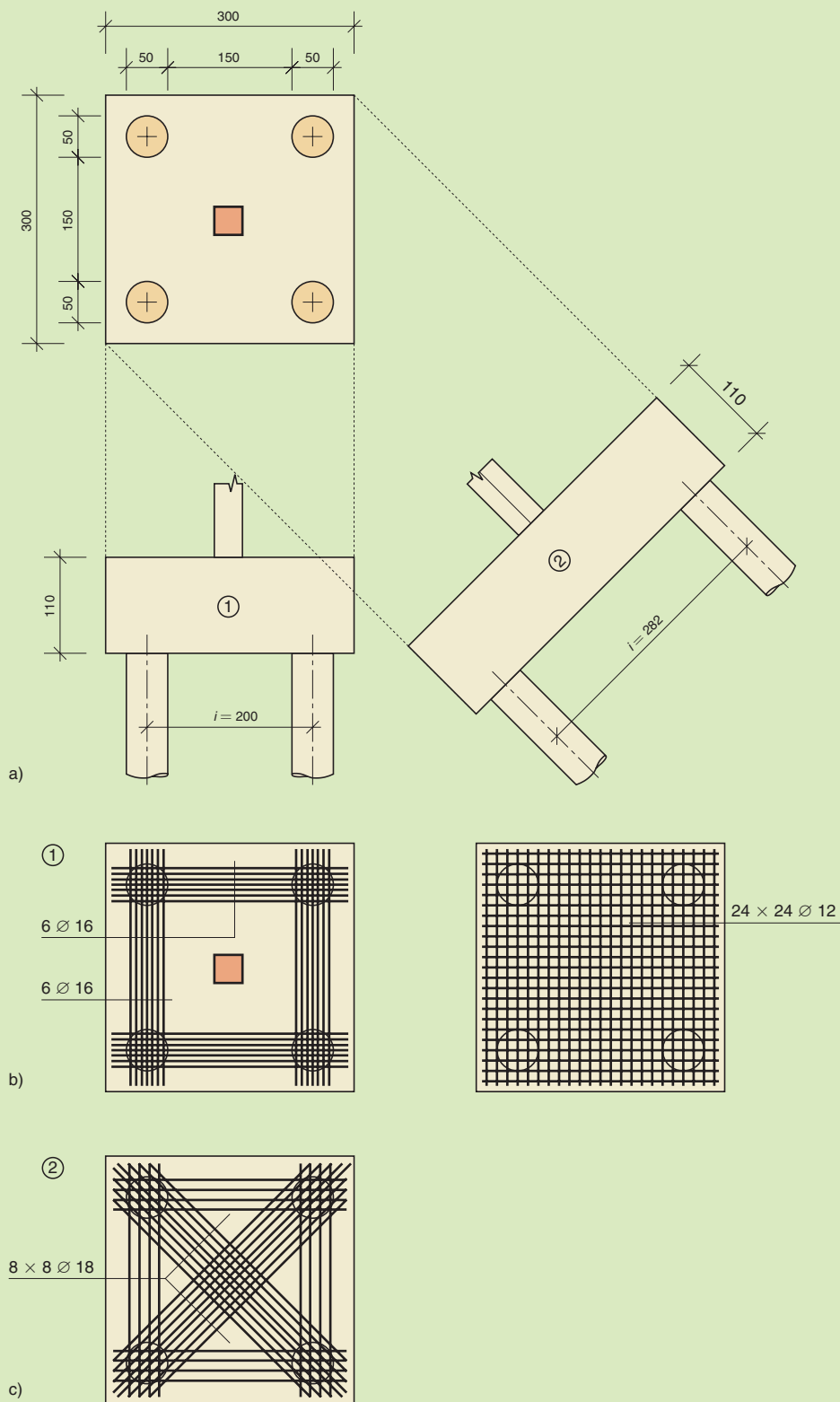


FIGURA 5 Plinto quadrato su pali: disposizione delle armature.