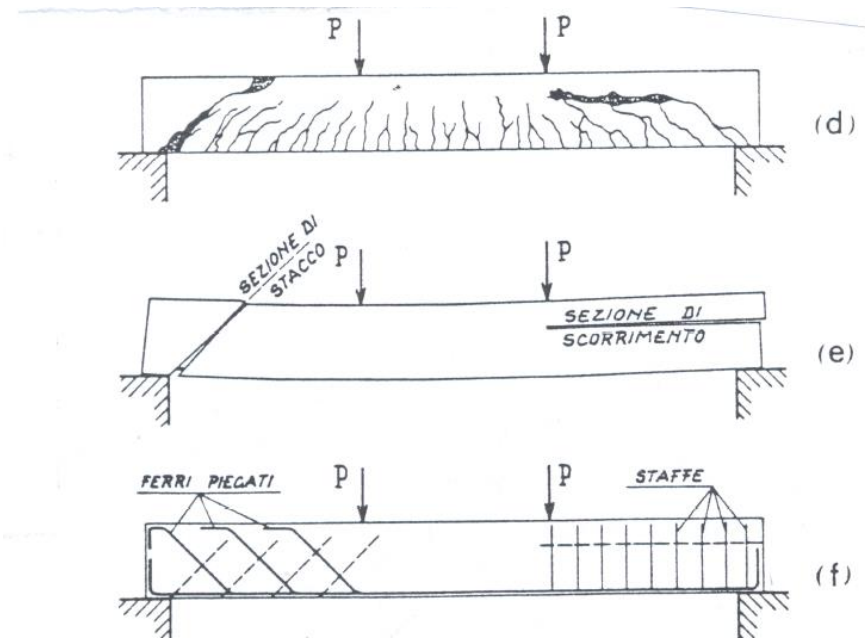


# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## Elementi con armature a taglio

Se  $V_{sd} > V_{Rd}$ , si può agire sulle dimensioni della sezione, oppure dotare la trave di specifica armatura a taglio. Le armature efficaci nei confronti del taglio sono quelle trasversali che collegano la zona tesa con quella compressa, quindi ferri piegati e staffe.

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata con una adeguata schematizzazione a traliccio.

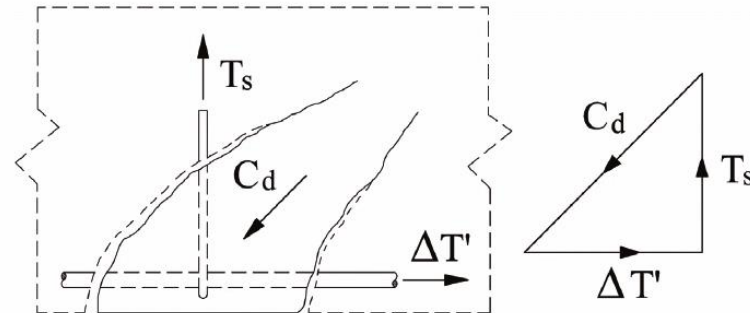


## *Elementi con armature a taglio*

In una trave dotata di armature trasversali a taglio, il meccanismo resistente si modifica rispetto a quello esaminato nella trave priva di tali armature.

Le staffe:

- Migliorano **l'effetto spinotto** perché sostengono le armature longitudinali;
- **riducono le tensioni di trazione all'incastro del blocco di cls** compreso tra due fessure contigue, grazie alla presenza dello sforzo di compressione diagonale  $C_d$
- limitano l'apertura delle fessure diagonali e quindi **aumenta l'effetto di ingranamento,**
- migliorano l'effetto pettine, **aumentando la resistenza compressione diagonale** per effetto dell'azione di confinamento delle staffe;



# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## Elementi con armature a taglio

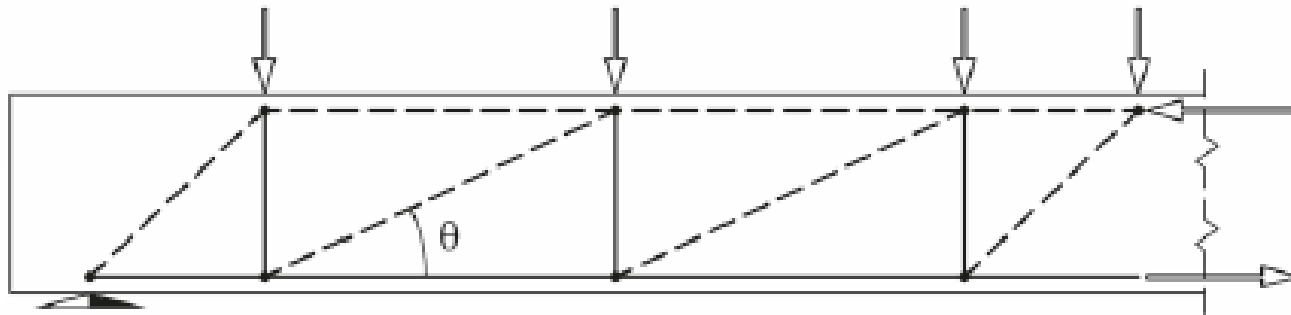
Nello schema a traliccio, gli elementi resistenti sono:

- le armature trasversali;
- le armature longitudinali;
- la biella di conglomerato cementizio in corrispondenza del corrente compresso;
- le bielle di conglomerato cementizio in corrispondenza dei puntoni d'anima inclinati.

**Ipotesi:** tutte le aste si considerano incernierate agli estremi  
i carichi concentrati in corrispondenza dei nodi



traliccio isostatico

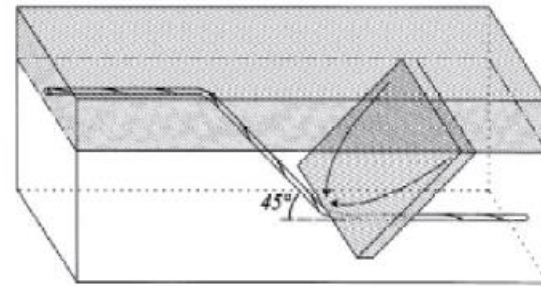
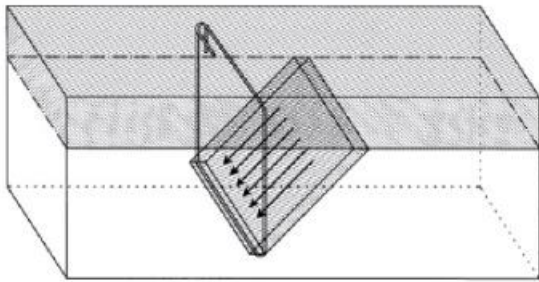


le aste sono tutte sollecitate a sforzo normale centrato

# *Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali*

## *Elementi con armature a taglio*

### **Comportamento delle armature d'anima**



# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## Traliccio ad inclinazione variabile

Il fenomeno di ingranamento degli inerti → **riduzione l'inclinazione delle bielle compressione**

L'inclinazione  $\theta$  delle bielle compresse rispetto all'asse delle armature longitudinali deve rispettare i seguenti limiti:

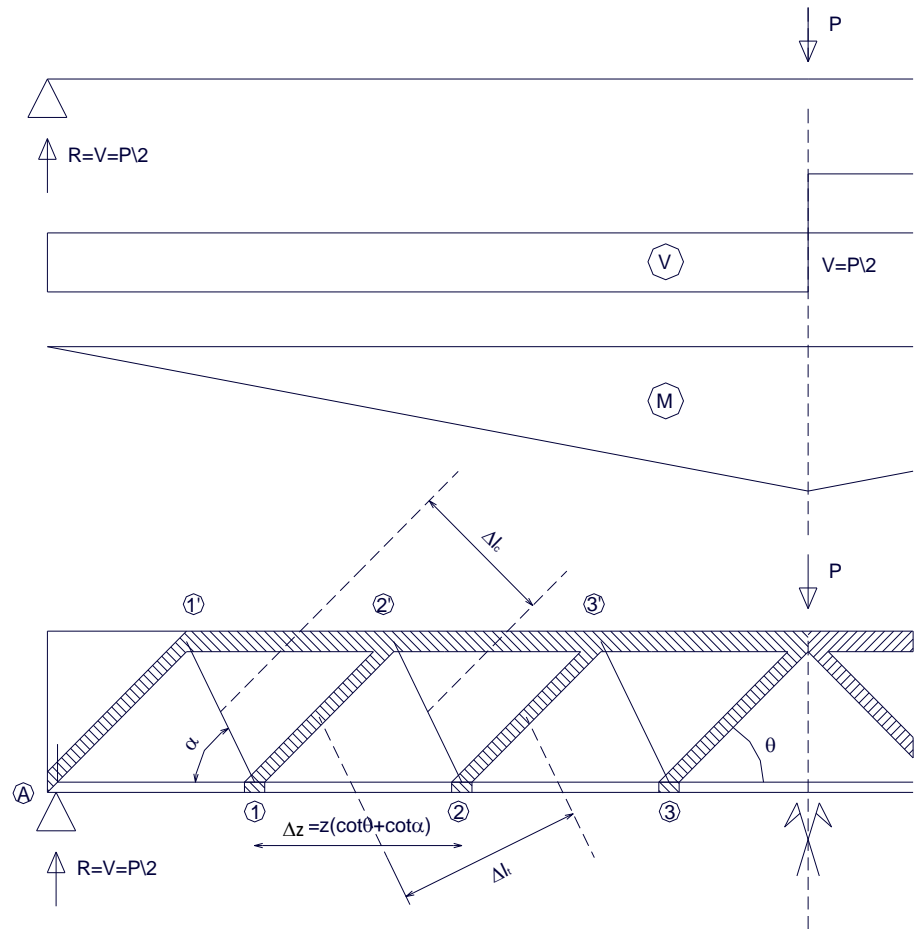
$$1 < \text{ctg}\theta < 2.5$$

a cui corrispondono i seguenti angoli:

$$\theta_{\min} = 21.8^\circ < \theta < \theta_{\max} = 45^\circ.$$

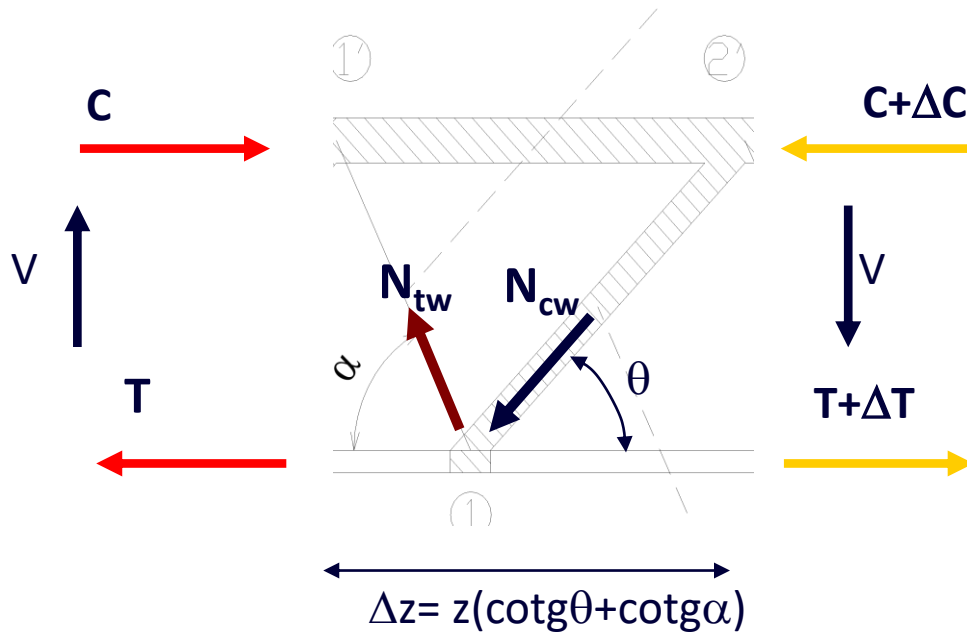
Pertanto il tronco da esaminare ha lunghezza:

$$\Delta z = z(\text{ctg}\theta + \text{ctg}\alpha)$$



# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## Traliccio ad inclinazione variabile



$$N_{tw} \operatorname{sen} \alpha - N_{cw} \operatorname{sen} \vartheta = 0$$

$$N_{tw} \cos \alpha + N_{cw} \cos \vartheta = \Delta T$$



$$N_{tw} \operatorname{sen} \alpha (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \vartheta) = \Delta T$$

$$N_{cw} \operatorname{sen} \vartheta (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \vartheta) = \Delta T$$

Numero staffe in  $\Delta z$

$$n_{sw} = \frac{\Delta z}{s}$$

# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## Traliccio ad inclinazione variabile

**Taglio-trazione:** snervamento dell'armatura trasversale

$$A_{sw} = n_{br} A_{st}$$

$$V_{Rd,s} = \frac{\Delta T \cdot z}{\Delta z} \Rightarrow V_{Rd,s} = A_{sw} f_{yd} \frac{z}{s} \operatorname{sen} \alpha (ctg \alpha + ctg \vartheta)$$

**Taglio-compressione:** cedimento del cls  
considerando

$$N_{cw} = f_{cd} b \Delta z \operatorname{sen} \vartheta \quad \text{con} \quad \Delta z = z(ctg \theta + ctg \alpha)$$

$$V_{Rcd} = \frac{\Delta T \cdot z}{\Delta z} \Rightarrow V_{Rcd} = f_{cd} b z \operatorname{sen}^2 \vartheta (ctg \alpha + ctg \vartheta) = f_{cd} b z \frac{(ctg \alpha + ctg \vartheta)}{1 + (ctg \vartheta)^2}$$

# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## Elementi con armature a taglio

### Prescrizioni normative

la resistenza di calcolo a “taglio compressione” si calcola

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)$$

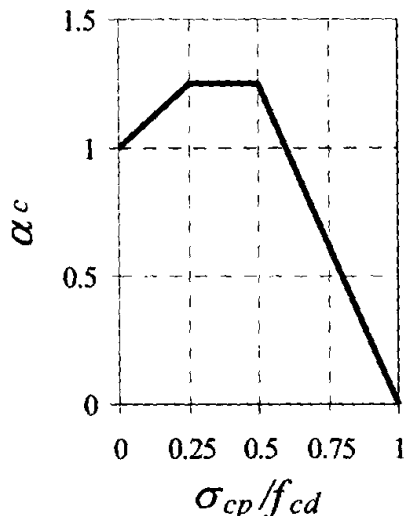
$v f_{cd}$  resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $v = 0,5$ );

$\alpha_c$  coefficiente maggiorativo pari a 1 per membrature non compresse

$$1 + \sigma_{cp} / f_{cd} \quad \text{per } 0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$$

$$1,25 \quad \text{per } 0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$$

$$2,5 (1 - \sigma_{cp} / f_{cd}) \quad \text{per } 0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$$



### EC2

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

$$v_1 = 0,6 \quad \text{per } f_{ck} \leq 60 \text{ MPa}$$

$$v_1 = 0,9 - f_{ck} / 200 > 0,5 \quad \text{per } f_{ck} \geq 60 \text{ MPa}$$



# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## Elementi con armature a taglio

### Prescrizioni normative

la resistenza di calcolo a “taglio trazione” si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

# *Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali*

## *Elementi con armature a taglio*

### Prescrizioni normative

Le travi devono prevedere armatura trasversale costituita

- Staffe con sezione complessiva non inferiore a  $A_{st} = 1.5 b$  [mm<sup>2</sup>/ml] con  $b$  spessore minimo dell'anima in millimetri;
- **tre staffe a metro;**
- interasse non superiore a  $i_{st} < 0.8 d$  con  $d$  l'altezza utile della sezione.

In ogni caso **almeno il 50%** dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da **staffe**.

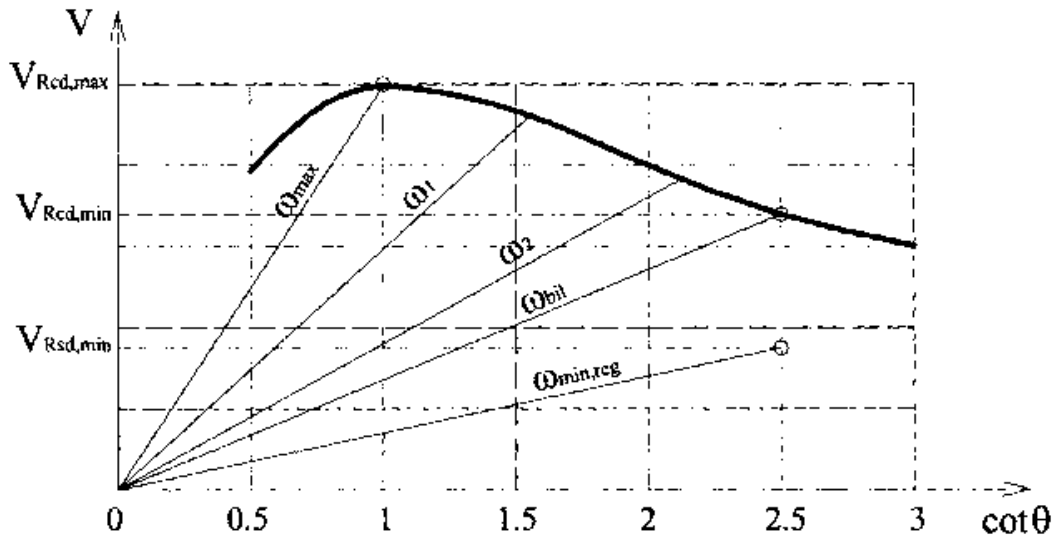
# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## Elementi con armature a taglio

Per  $\text{ctg}\theta = 2.5$

$$\underline{V_{Rcd,min}} = 0,9 f_{cd} ' b d \alpha_c \frac{(ctg\alpha + 2,5)}{7,25}$$

$$V_{Rd,s} = 0,9 d \frac{A_{sw}}{s} f_{yd} sen\alpha (ctg\alpha + 2,5)$$



Caso di sole staffe verticali

Per  $\text{ctg}\theta = 1$

$$\underline{V_{Rcd,max}} = 0,9 f_{cd} ' b d \alpha_c \frac{(ctg\alpha + 1)}{2}$$

$$V_{Rd,s} = 0,9 d \frac{A_{sw}}{s} f_{yd} sen\alpha (ctg\alpha + 1)$$

# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## Elementi con armature a taglio

Influenza sul taglio –compressione dell'inclinazione dell'armatura trasversale

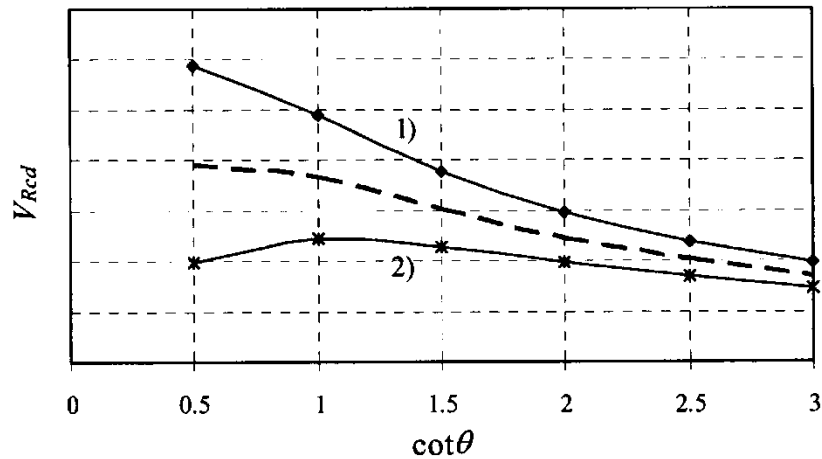


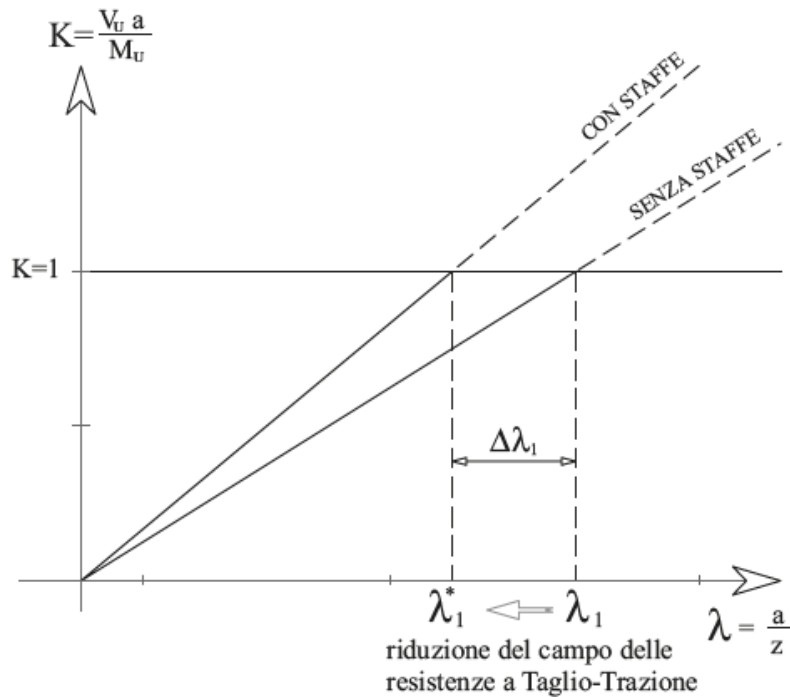
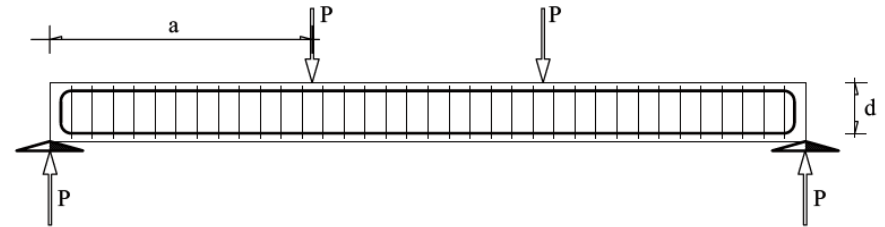
Figura 1.61 Valori di  $V_{Rcd}$  al variare di  $\cot\theta$  per  $\alpha=45^\circ$  (curva 1) e  $\alpha=90^\circ$  (curva 2)

# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## Elementi con armature a taglio

Capacità flessionale relativa

$$K = \frac{V_u a}{M_u}$$



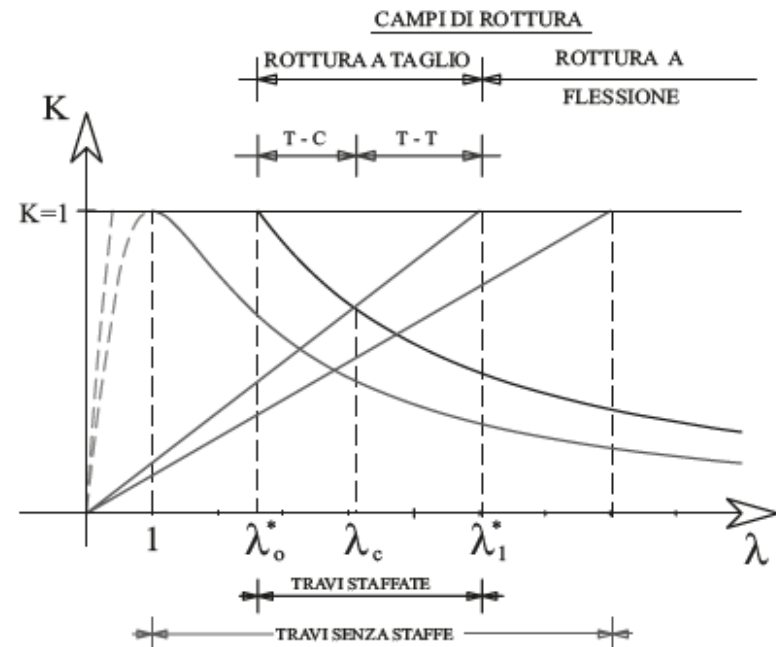
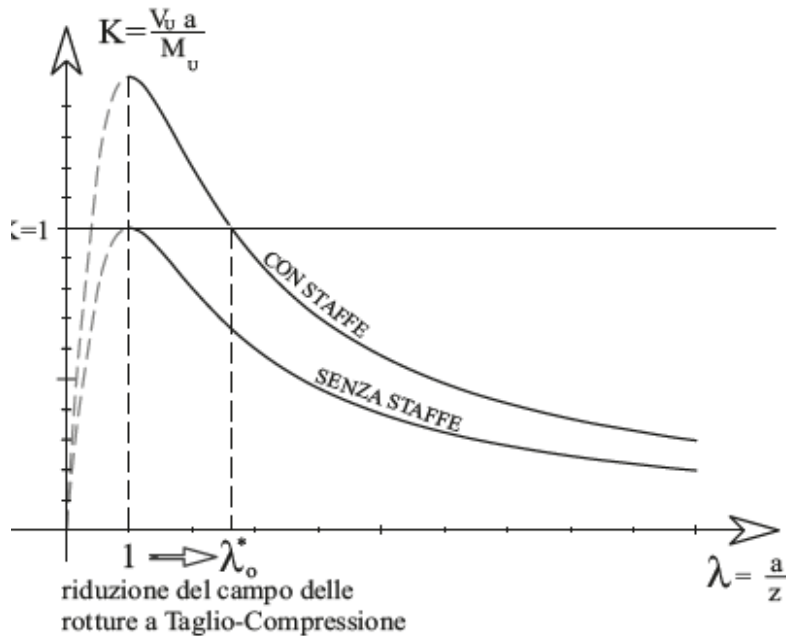
# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## B). Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

Capacità flessionale per meccanismo ad arco

$$K = 2 \cdot \zeta \cdot \frac{\lambda}{1 + \lambda^2}$$

coefficiente sperimentale  $\zeta > 1$ .

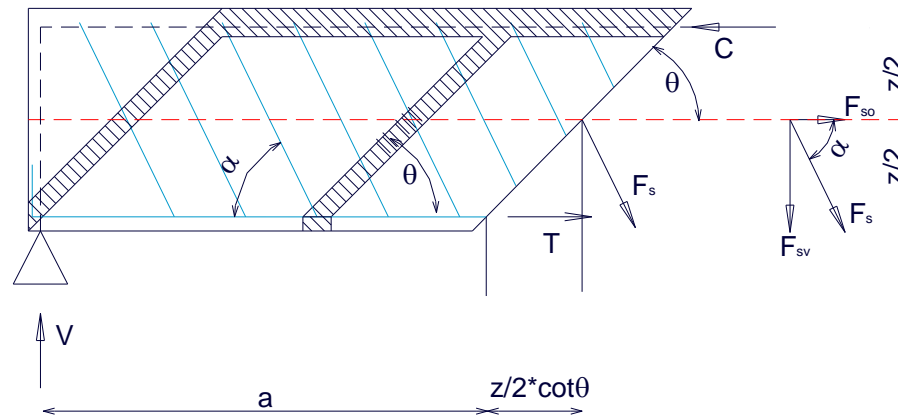


# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## Elementi con armature a taglio

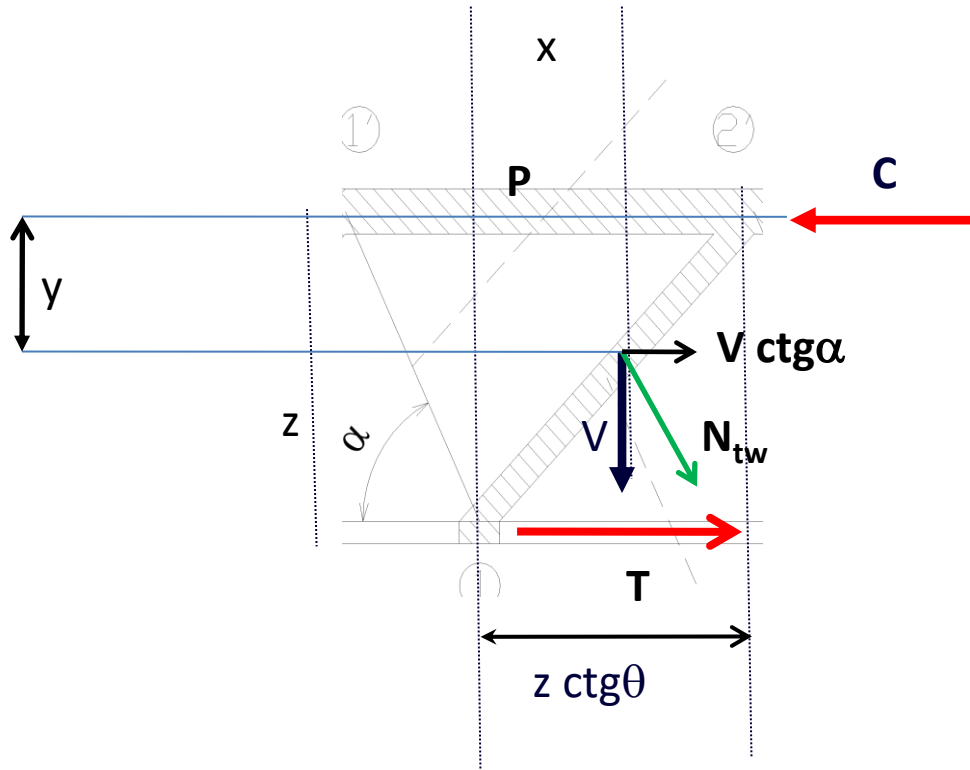
Taglio e flessione interferiscono tra loro. Considero la sezione della trave inclinata di  $\theta$  a distanza “a” dall’appoggio.

Le armature trasversali sono inclinate di  $\alpha$  variabile.



# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## Elementi con armature a taglio



Per equilibrio alla rotazione intorno a P

$$M_{sd} = T z + y \cdot V \operatorname{ctg} \alpha - V \cdot x$$

$$M_{sd} = T \cdot z + \frac{z}{2} \cdot V \operatorname{ctg} \alpha - V \cdot \frac{z}{2} \cdot \operatorname{ctg} \vartheta \quad \Rightarrow \quad T = \frac{M_{sd}}{z} + \frac{1}{2} \cdot V (\operatorname{ctg} \vartheta - \operatorname{ctg} \alpha)$$

Le armature devono essere prolungate di  $\Delta x = \frac{1}{2} \cdot d (\operatorname{ctg} \vartheta - \operatorname{ctg} \alpha)$



# Stati Limite Ultimi per tensioni tangenziali

## Elementi con armature a taglio

Le NTC cautelativamente indicano una traslazione del diagramma del momento flettente nel verso meno favorevole di

$$a_1 = (0,9 \cdot d \cdot \operatorname{ctg} \theta) / 2$$



Il momento resistente va confrontato non con il diagramma del momento flettente originario, ma con il diagramma traslato