

Corso

# Progetto di strutture in zona sismica

Catania

ottobre 2017 - gennaio 2018

27 - L'elemento parete: taglio (pareti snelle)

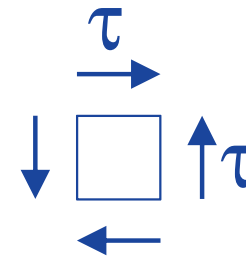
13 dicembre 2017

Aurelio Ghersi

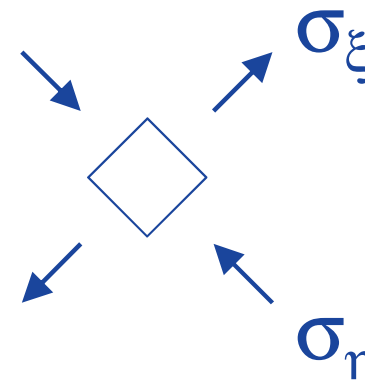
# Taglio

## brevi richiami

- Secondo la teoria di De Saint Venant, il taglio genera tensioni tangenziali  $\tau$



- Se in un elementino infinitesimo vi sono solo  $\tau$ , a queste corrispondono tensioni principali di trazione e compressione inclinate a  $45^\circ$



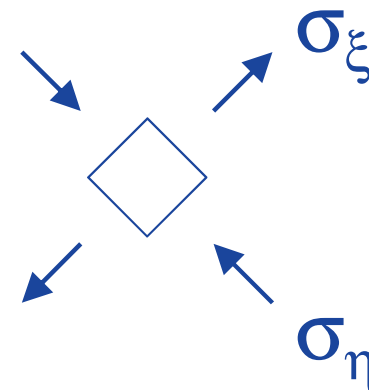
# Taglio

brevi richiami



foto M. Dasasso

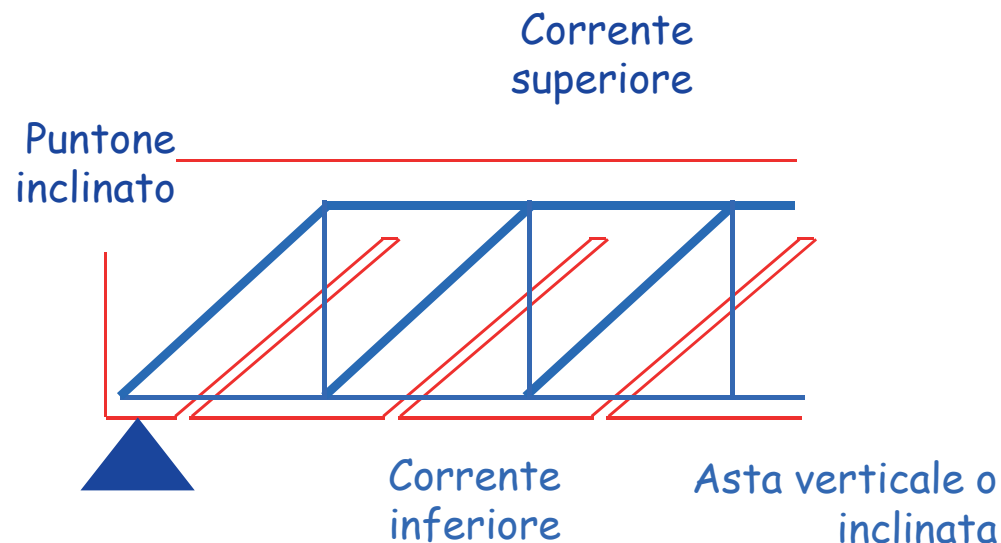
Si avranno  
quindi lesioni  
a  $45^\circ$ ,  
perpendicolari  
alla direzione  
di trazione



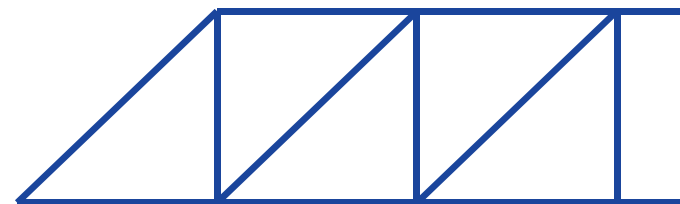
# Taglio

## brevi richiami

- Il classico modello di traliccio di Mörsch prevede puntoni compressi a  $45^\circ$  e tiranti corrispondenti alle armature a taglio



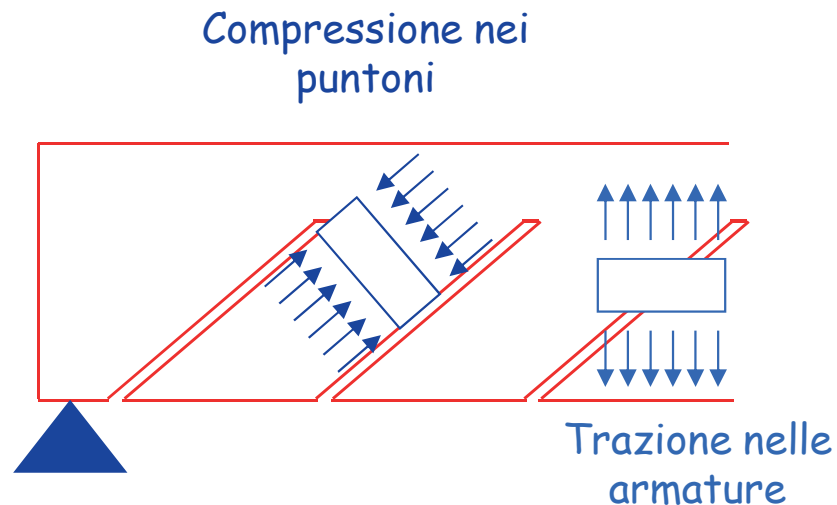
Traliccio di Mörsch



# Taglio

## brevi richiami

- Sostanzialmente equivalente è il modello a campi di tensione, sviluppato in tempi recenti



Campi di tensione

# Taglio

## brevi richiami

- I modelli classici "affidano tutta la resistenza a taglio alle armature"
- I loro risultati sono cautelativi, cioè sottostimano la reale resistenza a taglio
- In tempi più recenti sono stati proposti modelli che meglio colgono la reale resistenza a taglio
  - Modello "normale"
  - Modello "a inclinazione variabile del traliccio" (o meglio del puntone)

# Taglio

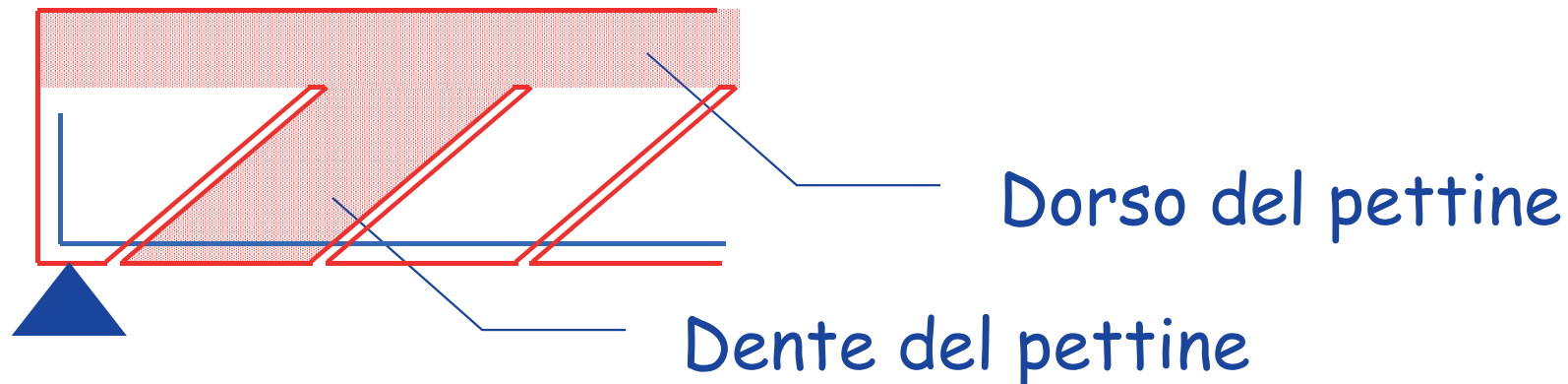
## brevi richiami

- Modello "normale"
  - Quando le armature a taglio si snervano rimangono il corrente compresso e i puntoni inclinati, che danno una ulteriore resistenza (valutata col "modello a pettine")

$$V_{Rd} = V_{wd} + V_{cd}$$

armatura a taglio  
calcestruzzo del pettine

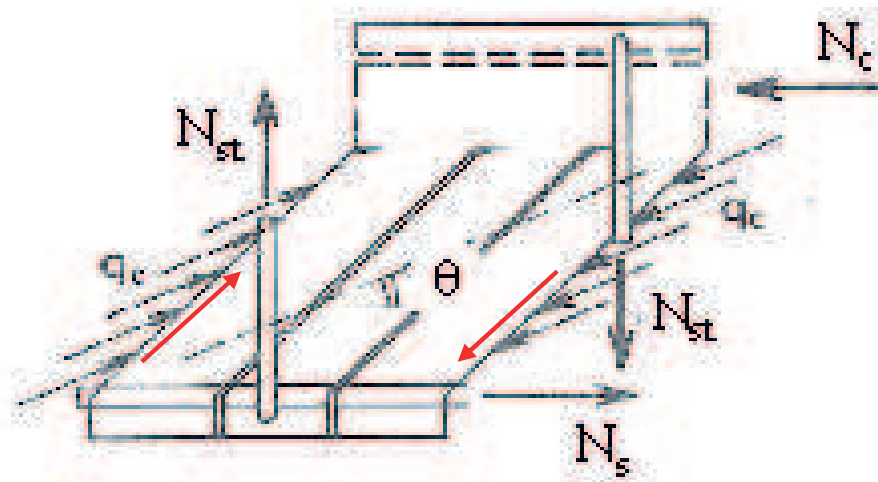
## Modello a pettine



# Taglio

## brevi richiami

- Modello "a inclinazione variabile del traliccio"
  - Quando le armature a taglio si snervano l'ingranamento degli inerti trasmette tensioni tra le facce della lesione e questo modifica l'inclinazione del puntone compresso



Si usano i modelli già citati (traliccio di Mörsch, campi di tensione) ma con puntone inclinati di un angolo  $\theta$

È questo il modello previsto dalla normativa corrente



# Taglio

## problemi particolari

1. I modelli per il taglio non valgono in prossimità di forze concentrate (e quindi agli estremi)
  - La verifica a taglio va fatta ad una certa distanza
  - Agli estremi si possono usare modelli tirante-puntone

Nel caso delle pareti, questo richiede una distinzione tra pareti snelle e pareti tozze

Pareti snelle

- Si adottano i modelli di comportamento validi per le travi

Pareti tozze

- Si adottano i modelli di comportamento per elementi strutturali tozzi (ad esempio tirante-puntone)

# Taglio

## problemi particolari

1. I modelli per il taglio non valgono in prossimità di forze concentrate (e quindi agli estremi)
  - La verifica a taglio va fatta ad una certa distanza
  - Agli estremi si possono usare modelli tirante-puntone

Nel caso delle pareti, questo richiede una distinzione tra pareti snelle e pareti tozze

Pareti snelle

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} l_w} \geq 2$$

Pareti tozze

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} l_w} < 2$$

# Taglio

## problemi particolari

1. I modelli per il taglio non valgono in prossimità di forze concentrate (e quindi agli estremi)
  - La verifica a taglio va fatta ad una certa distanza
  - Agli estremi si possono usare modelli tirante-puntone
2. Il contributo del calcestruzzo può annullarsi in caso di carico ciclico con segno alternato del taglio
  - In questi casi  $\theta$  deve rimanere  $45^\circ$

Indicazioni specifiche sono fornite per gli edifici di classe di duttilità "A", che richiedono maggiore duttilità

# Taglio

## problemi particolari

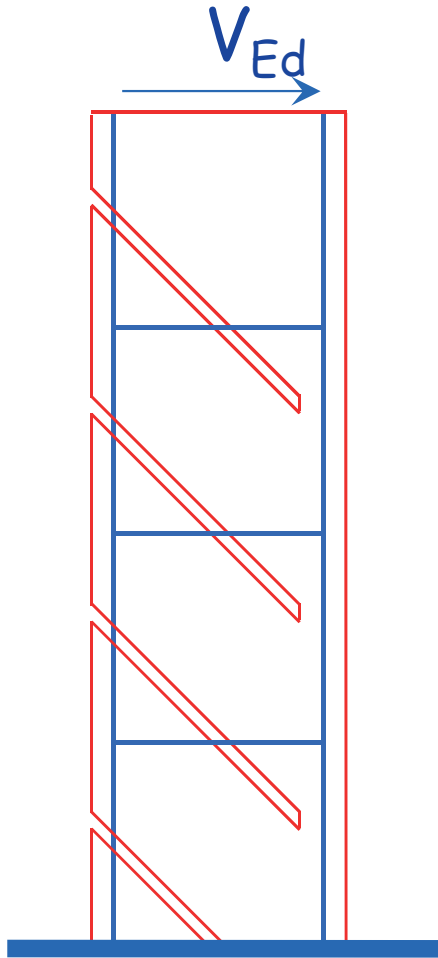
1. I modelli per il taglio non valgono in prossimità di forze concentrate (e quindi agli estremi)
  - La verifica a taglio va fatta ad una certa distanza
  - Agli estremi si possono usare modelli tirante-puntone
2. Il contributo del calcestruzzo può annullarsi in caso di carico ciclico con segno alternato del taglio
  - In questi casi deve  $\theta$  rimanere  $45^\circ$
3. Il traliccio di Mörsch in presenza di sole staffe trascura la componente longitudinale della trazione: è necessario considerare (l'uno o l'altro, in alternativa)
  - Traslazione del diagramma dei momenti
  - Contributo dell'armatura di parete

Questo verrà esaminato in fase di progetto delle armature

Verifica a taglio di pareti snelle

# Verifica a taglio di pareti snelle

## modelli di calcolo



Attraverso l'analisi di:

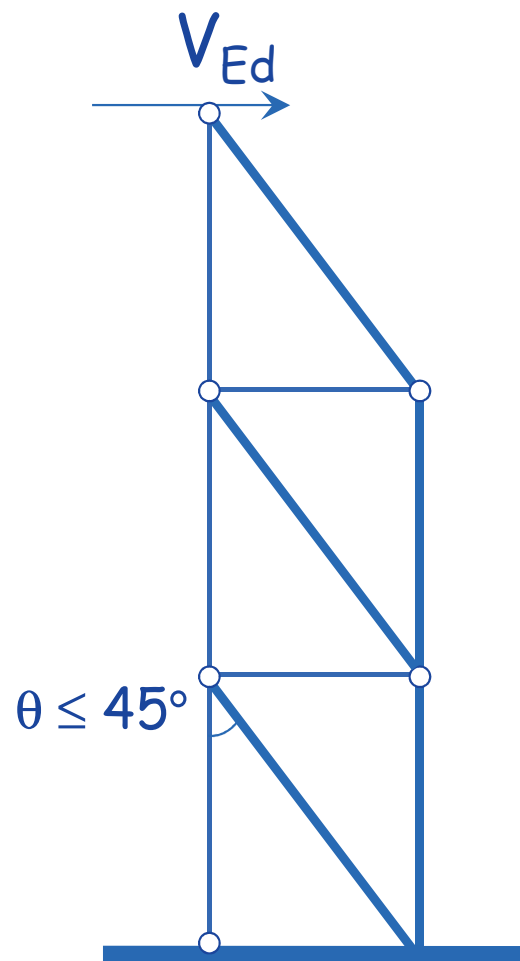
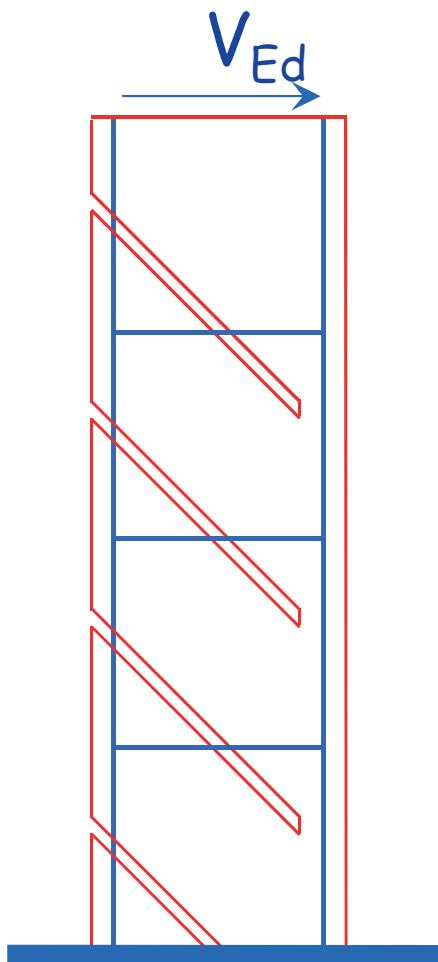
- stato tensionale
- lesioni da taglio
- ingranamento degli inerti



Modello a inclinazione variabile  
del traliccio

# Verifica a taglio di pareti snelle

## modelli di calcolo

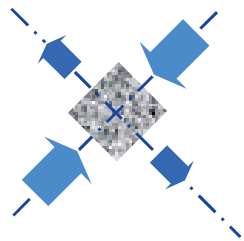


Puntoni ad inclinazione variabile  
 $\theta \leq 45^\circ$

# Resistenza del calcestruzzo

## compressione del calcestruzzo d'anima

$$V_{Rd,max} = \alpha_c f'_{cd} b_w z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} \quad 1 \leq \cot \theta \leq 2.5$$



$$f'_{cd} = v_1 f_{cd} \quad v_1 = 0.5$$

resistenza ridotta a causa della trazione in direzione ortogonale

$\alpha_c$  tiene conto della compressione

$$\alpha_c = 1$$

in assenza di compressione

$$\alpha_c = 1 + \frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}}$$

per  $0 \leq \frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}} \leq 0.25$

$$\alpha_c = 1.25$$

per  $0.25 \leq \frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}} \leq 0.5$

$$\alpha_c = 2.5 \left( 1 - \frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}} \right)$$

per  $0.5 \leq \frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}} \leq 1$

per le pareti  
 $\alpha_c$  è in genere  
prossimo ad 1



# Resistenza dell'armatura a taglio

## trazione dell'armatura d'anima

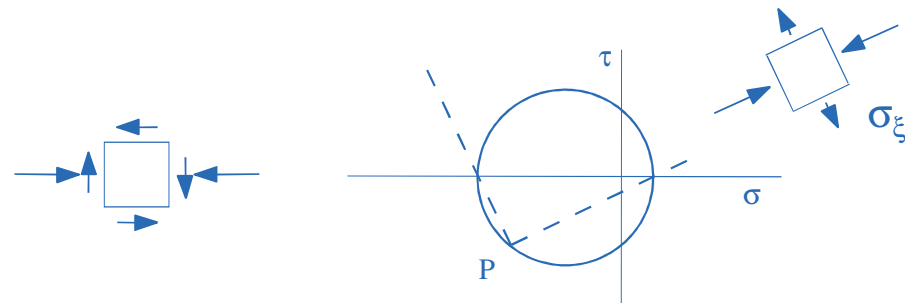
$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} f_{yd} z \cot \theta$$

$$1 \leq \cot \theta \leq 2.5$$

In presenza di compressione:

$$\cot \theta_1 \leq \cot \theta \leq 2.5$$

$$\cot \theta_1 = \frac{\tau}{\sigma_\xi}$$



Nota: Discordanza di simboli tra NTC08 e EC2.  
Io faccio riferimento a EC2

NTC 08, punto 4.1.2.1.3.2

# Resistenza a taglio pareti snelle

- Si applicano le formule generali

$$V_{Rd,max} = \alpha_c f'_{cd} b_w z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} \quad V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} f_{yd} z \cot \theta$$

tenendo conto che  $z = 0.8 l_w$  (sarà precisato parlando di flessione)

Classe di duttilità B

$$1 \leq \cot \theta \leq 2.5$$

Classe di duttilità A

$$\cot \theta = 1$$

ridurre  $V_{Rd,max}$  col fattore 0.4 nelle zone dissipative

# Definizione: zona critica (o zona dissipativa)

## Zona dissipativa

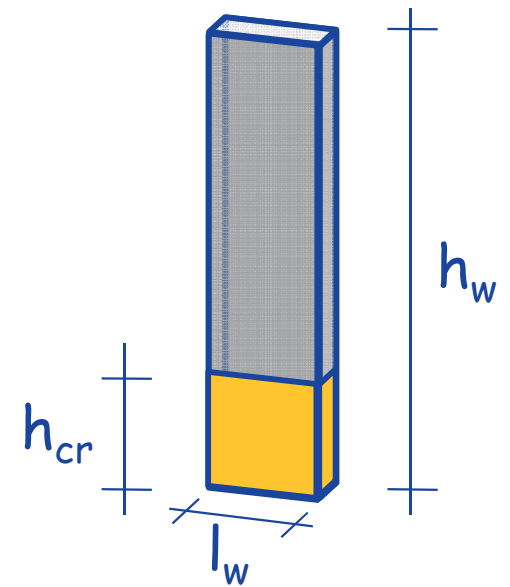
È quella parte della parete che sarà interessata dalle deformazioni plastiche flessionali, ovvero ...

... la porzione di parete di altezza  $h_{cr}$  al di sopra dell'incastro

$$h_{cr} = \max (l_w, h_w / 6)$$

$h_{cr} \leq h_{1 \text{ piano}}$  per edifici fino a 6 piani

$h_{cr} \leq h_{2 \text{ piani}}$  edifici con più di 6 piani



# Resistenza a taglio

pareti snelle - classe di duttilità A

Che senso hanno le prescrizioni per CD "A" ?

Usare  $\cot \theta = 1$

- Durante il sisma il progressivo danneggiamento del calcestruzzo riduce l'efficacia dell'ingranamento degli inerti per cui  $\theta = 45^\circ$

Ridurre  $V_{Rd,max}$  col fattore 0.4

- Usare  $\cot \theta = 1$  è cautelativo per l'armatura, quindi è prudente usarlo nel dimensionare l'armatura a taglio
- Usare  $\cot \theta = 1$  non è cautelativo per il calcestruzzo  
Se le armature si snervano  $\cot \theta$  cresce e la resistenza  $V_{Rd,max}$  del calcestruzzo si riduce.

Per  $\cot \theta = 2$   $V_{Rd,max}$  si riduce di 0.8

Ma allora come mai  
0.4 e non 0.8?

# Resistenza a taglio

pareti snelle - classe di duttilità A

Che senso hanno le prescrizioni per CD "A" ?

- Notare l'evoluzione della normativa

Al di fuori della zona dissipativa  $V_{Rd,max} = \frac{1}{2} \alpha_c f'_{cd} b_w z$

Nella zona dissipativa

PreStandard EC8 1998:  $V_{Rd,max} = 0.4 \alpha_c f'_{cd} b_w z$

Bozze EC8 2002 e 2001:  $V_{Rd,max} = 0.8 \left( \frac{1}{2} \alpha_c f'_{cd} b_w z \right)$

NTC08, EC8 2005:  $V_{Rd,max} = 0.4 \left( \frac{1}{2} \alpha_c f'_{cd} b_w z \right)$

L'attuale 0.4 è voluto o è un errore di trascrizione?

# Cosa cambia con la Bozza NTC

## pareti snelle

Uguali prescrizioni per le due classi di duttilità

- Si assume  $\cot \theta = 1$

$$V_{Rd,max} = \frac{1}{2} \alpha_c f'_{cd} b_w z \qquad V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} f_{yd} z$$

è penalizzante per le armature, ma si riesce a fare

- Nelle zone critiche

ridurre  $V_{Rd,max}$  col fattore 0.4

questo diventa veramente penalizzante per la classe B,  
ma io sono sempre più convinto che si tratti di un errore