

Edifici in muratura

Il pannello murario

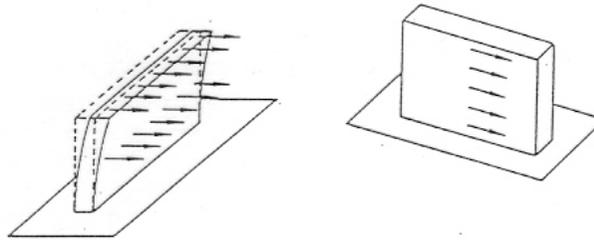
Catania, 20 aprile 2004

Bruno Calderoni

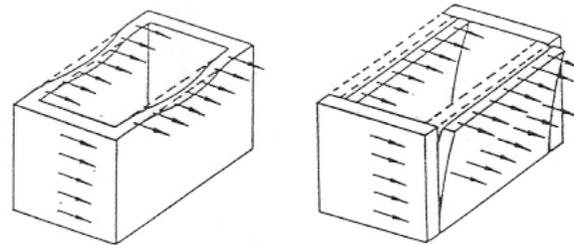
DAPS, Università di Napoli Federico II

BEHAVIOUR OF MASONRY STRUCTURES
UNDER HORIZONTAL ACTIONS

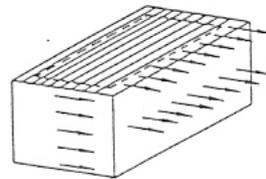
a) SINGLE WALL



b) WHOLE MASONRY BUILDING

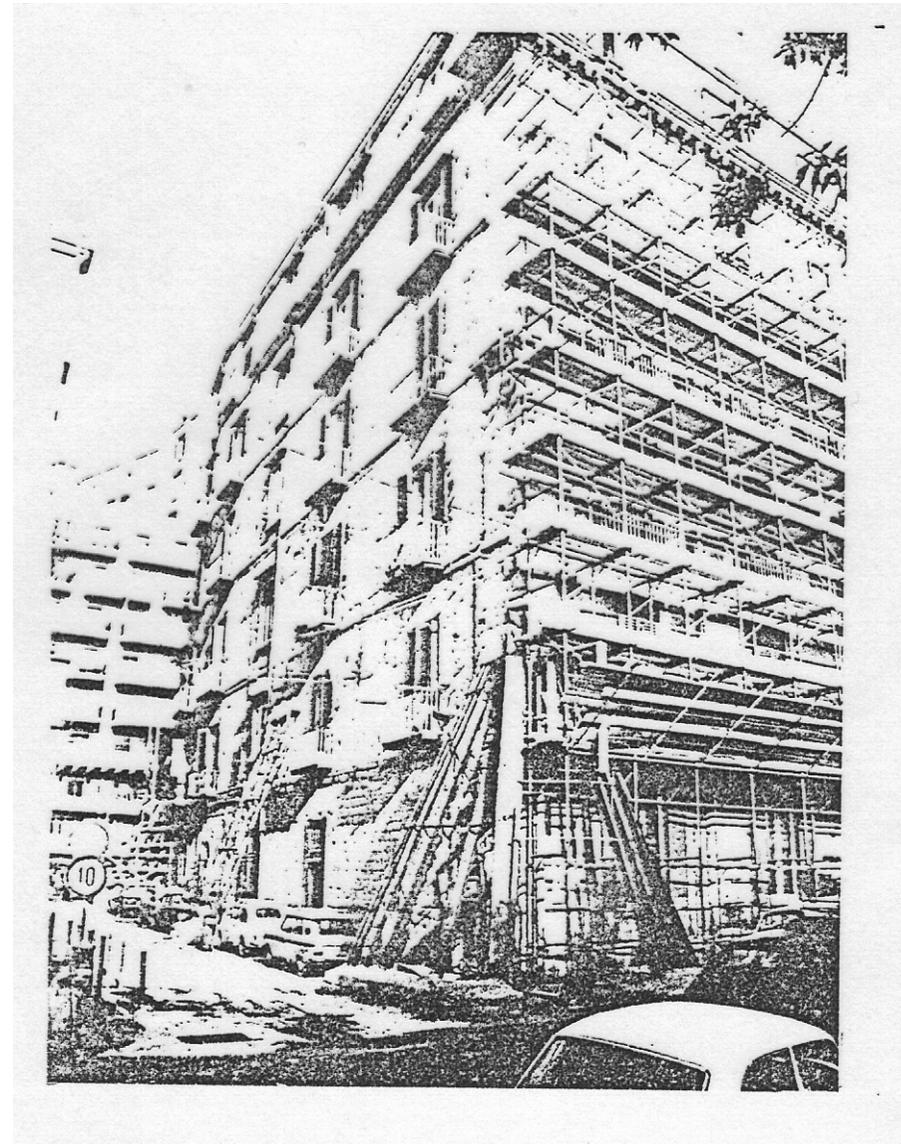


c) BUILDING WITH RIGID DIAPHRAGM





MESSINA - Piazza Cavallotti.



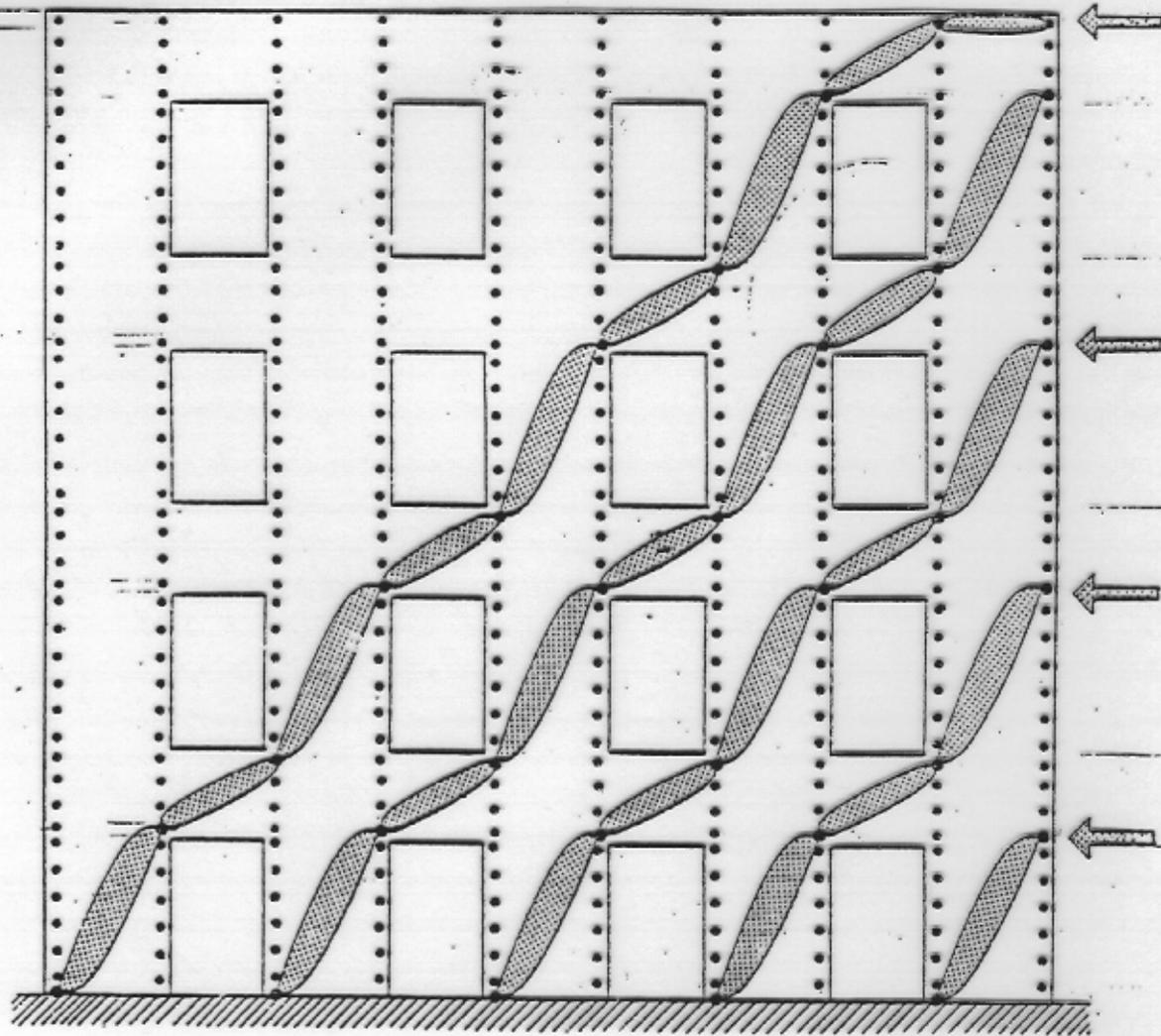
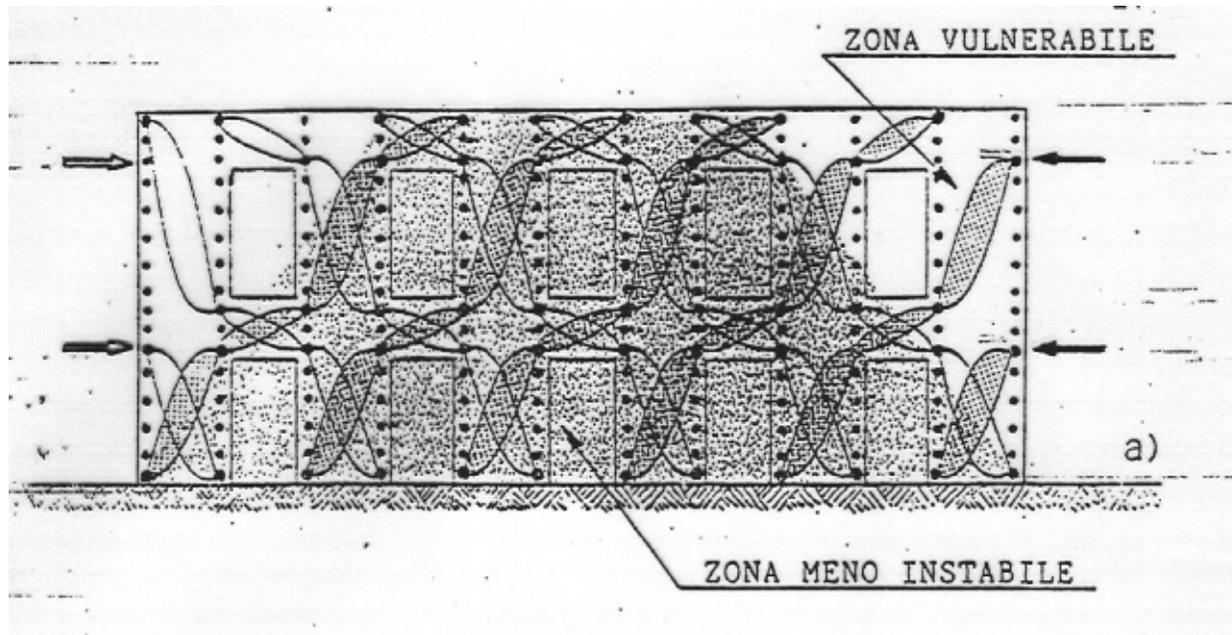


Fig. 11 - SCHEMA A

Edifici della prima e della seconda classe
del tutto privi di briglie orizzontali



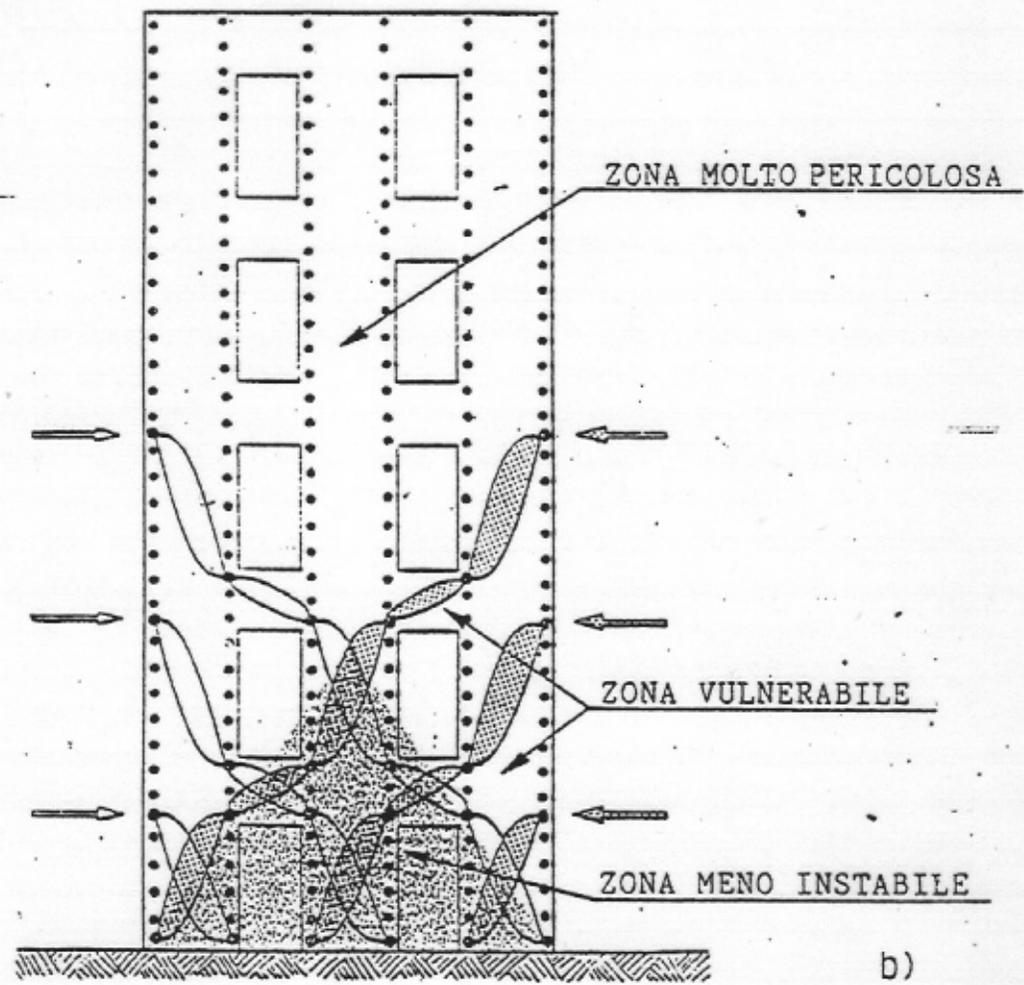


Fig. 13 a)-b)

- a)- Edificio basso: l'area ombreggiata è meno vulnerabile di quella di estremità di forma triangolare
- b)- Edificio alto: l'area vulnerabile ha forma trapezoidale ed è molto estesa



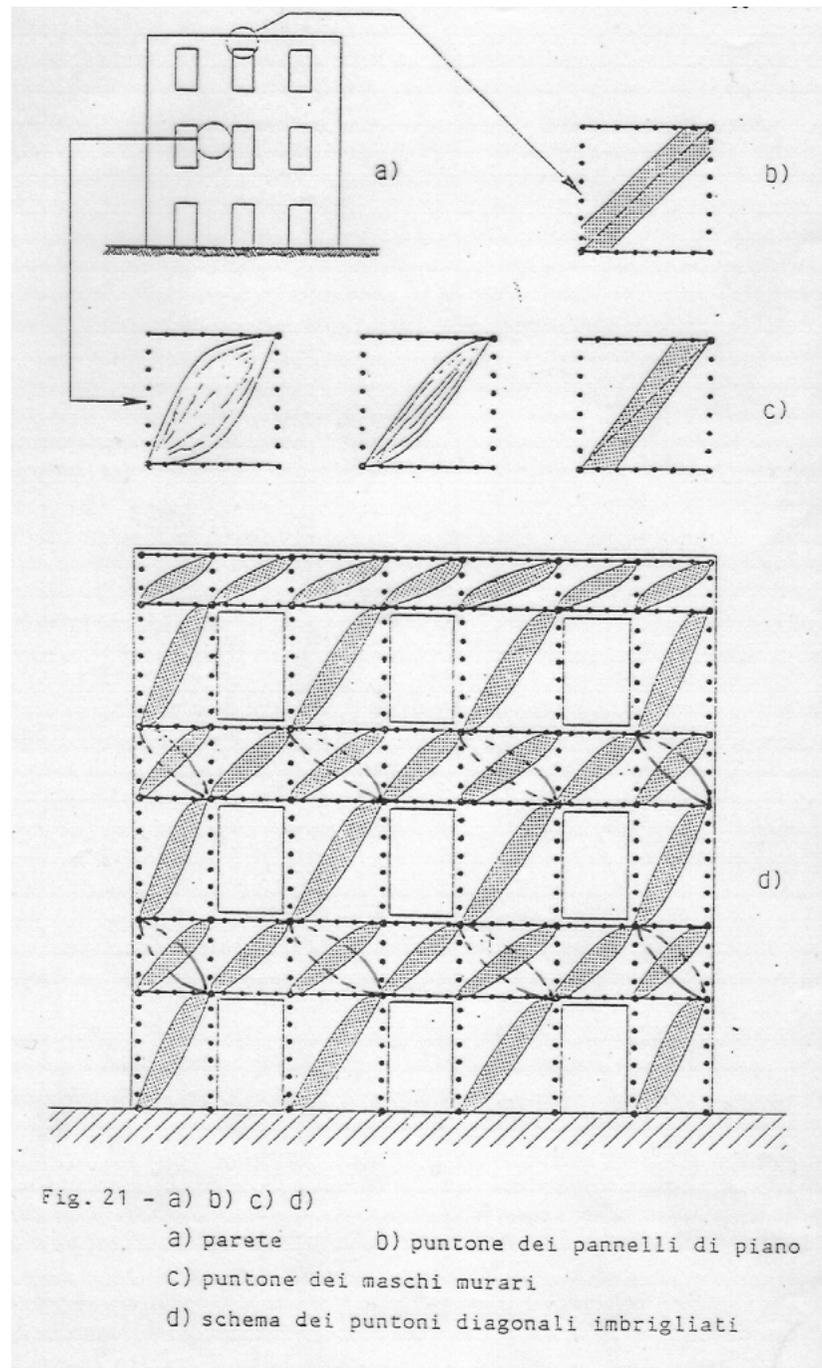
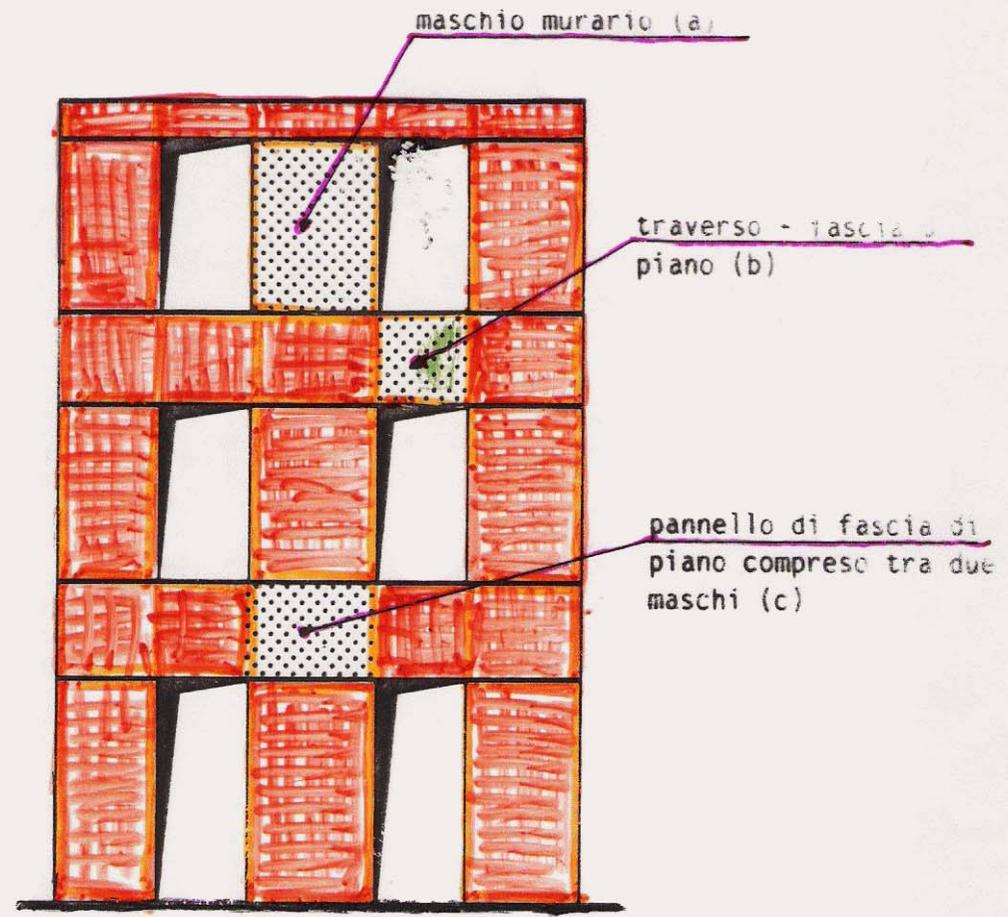
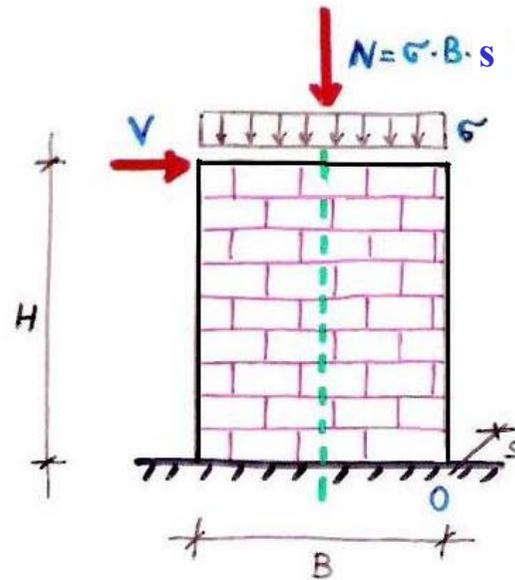


Fig. 21 - a) b) c) d)

- a) parete d) puntone dei pannelli di piano
- c) puntone dei maschi murari
- d) schema dei puntoni diagonali imbrigliati



IL MASCHIO MURARIO SOGGETTO AD AZIONI ORIZZONTALI



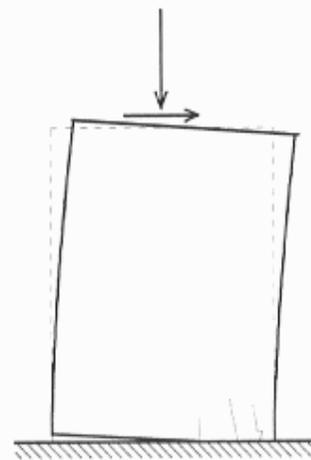
STATI LIMITE ULTIMI PER:

- TENSIONI NORMALI:

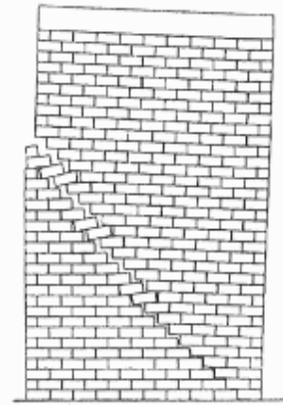
- RIBALTAMENTO
- PRESSOFLESSIONE

- SOLLECITAZIONI TAGLIANTI:

- FESSURAZIONE DIAGONALE
- SCORRIMENTO

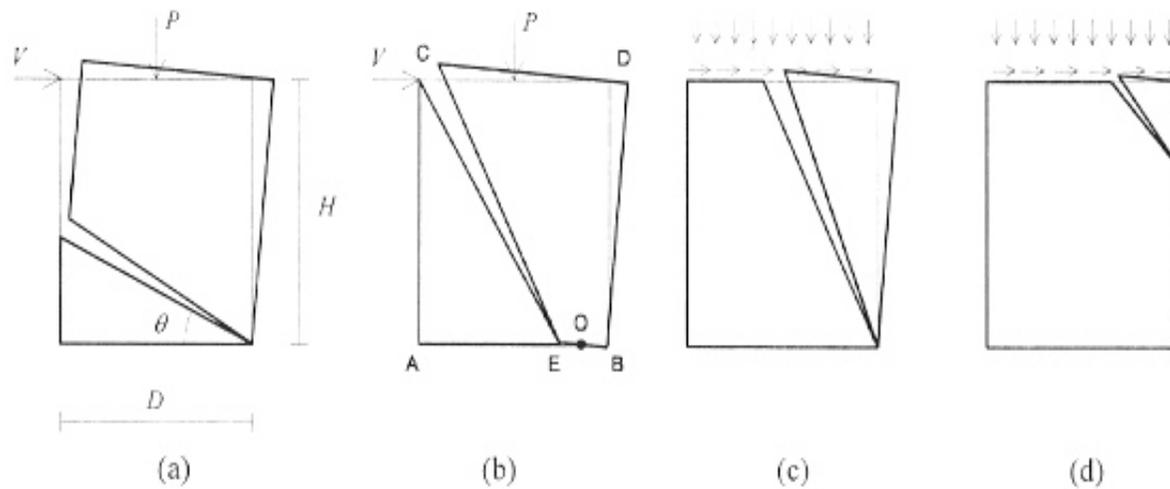


a) muratura coesiva



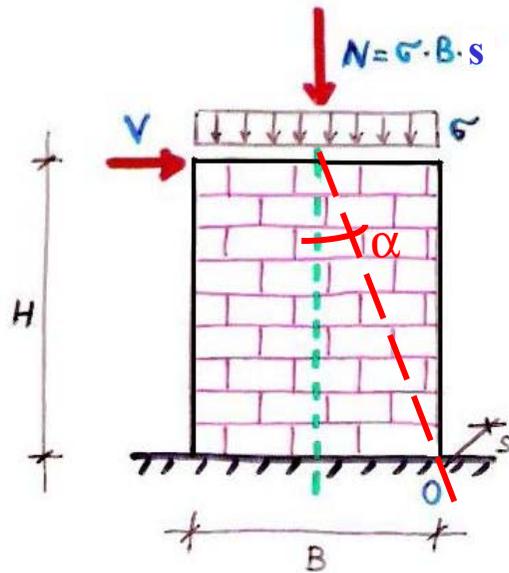
b) muratura a secco
(da Giuffrè et al., 1994)

Diverse modalità di rottura per ribaltamento.



Analisi limite: cinematici di collasso nel caso di rottura per ribaltamento.

EQUILIBRIO DEL MASCHIO MURARIO COME “CORPO RIGIDO”



- sforzo normale prefissato: $N = \text{cost}$
- si trascura il peso proprio: $G = 0$
- eccentricità in testa nulla: $e_{\text{sup}} = 0$

a) **Equilibrio al ribaltamento** intorno al punto O:

$$M_{\text{rib}} = V \times H$$

$$M_{\text{stab}} = N \times B/2$$

$$M_{\text{rib}} = M_{\text{stab}} \Rightarrow$$

$$V_{\text{lim rib}} = N \times B / 2H$$

snellezza $\chi = H/B$

$$V_{\text{lim rib}} = N / 2\chi$$

$$\text{tg } \alpha = (B / 2) / H$$

$$V_{\text{lim rib}} = N \text{ tg } \alpha$$

$V_{\text{lim rib}}$ dipende dalla snellezza del pannello χ

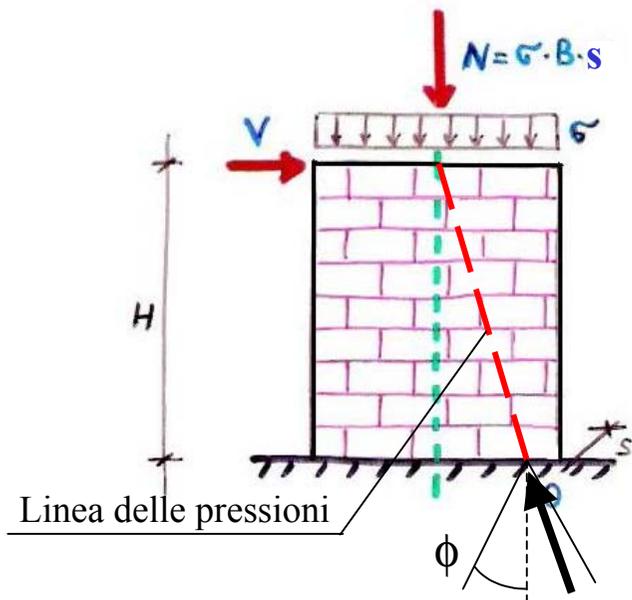
b) **Equilibrio allo scorrimento:**

$$F_{\text{att}} = N \times \mu \quad \mu = \text{tg } \phi \approx 0.4 \div 0.6 \quad (\phi \approx 30^\circ)$$

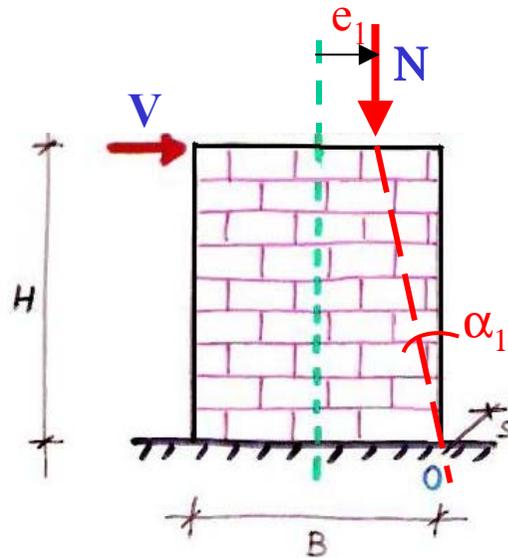
$$V = F_{\text{att}} \Rightarrow$$

$$V_{\text{lim scor}} \approx (0.4 \div 0.6) N$$

$V_{\text{lim scor}}$ non dipende dalla snellezza del pannello χ



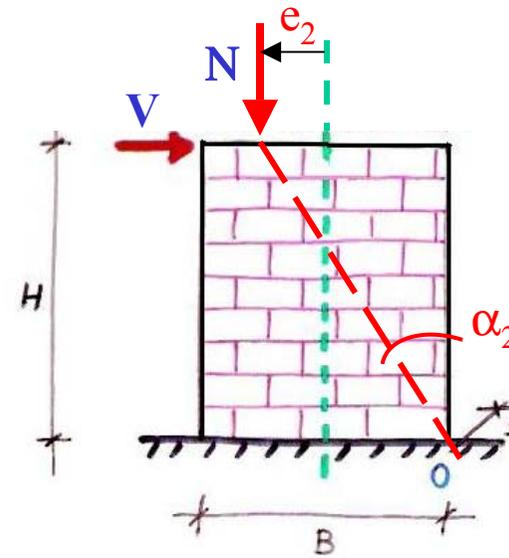
INFLUENZA DELL'ECCENTRICITA' IN TESTA



si riduce la stabilità

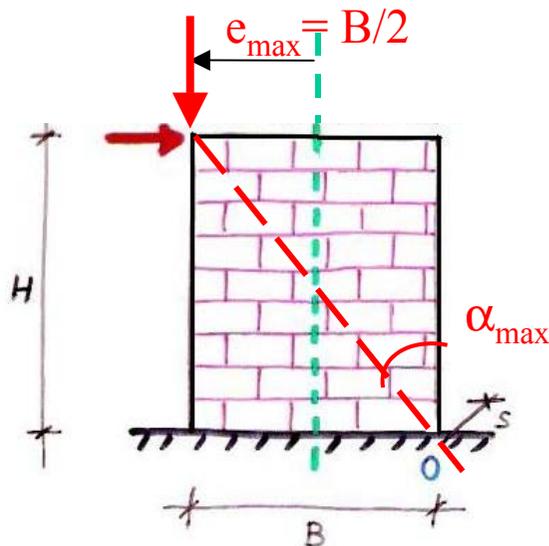
$$V_{\text{lim rib}} = N \times (B/2 - e_1) / H$$

$\alpha_1 < \alpha_2$



aumenta la stabilità

$$V_{\text{lim rib}} = N \times (B/2 + e_2) / H$$



- se N si sposta di più verso sinistra si può arrivare al massimo valore teorico:

$$V_{\text{max rib}} = N \times B/H = N / \chi$$

- l'eccentricità in testa non modifica la condizione limite di equilibrio allo scorrimento:

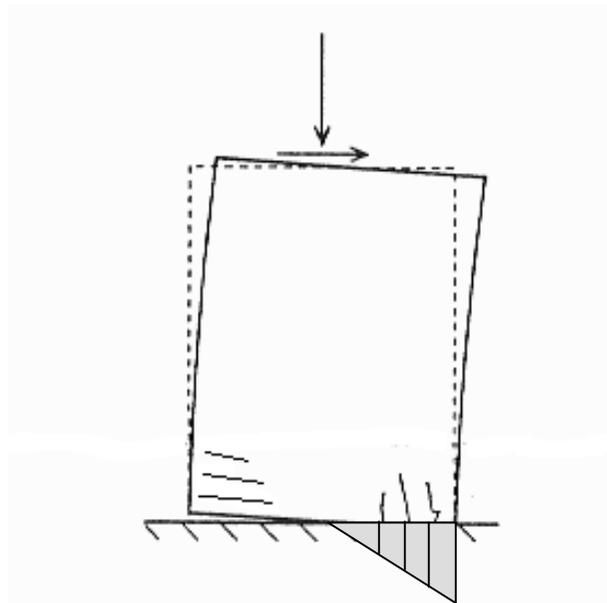
$$V_{\text{max scor}} = N \times \text{tg } \phi \approx (0.4 \div 0.6) N$$

INFLUENZA DELLA RESISTENZA FINITA DEL MATERIALE

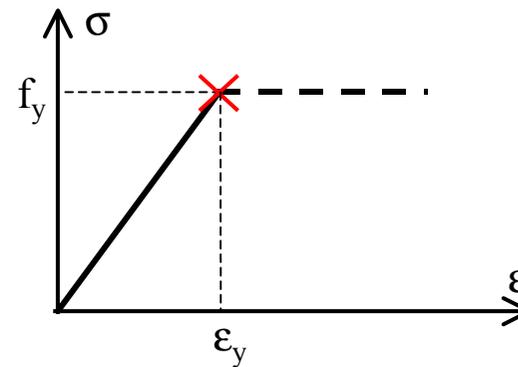
MECCANISMI DI ROTTURA (stati limite ultimi):

A) - Pressoflessione (ribaltamento e schiacciamento)

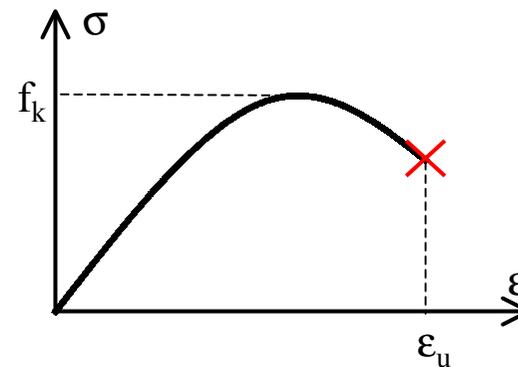
- A1- limite elastico (inizio plasticizzazione)



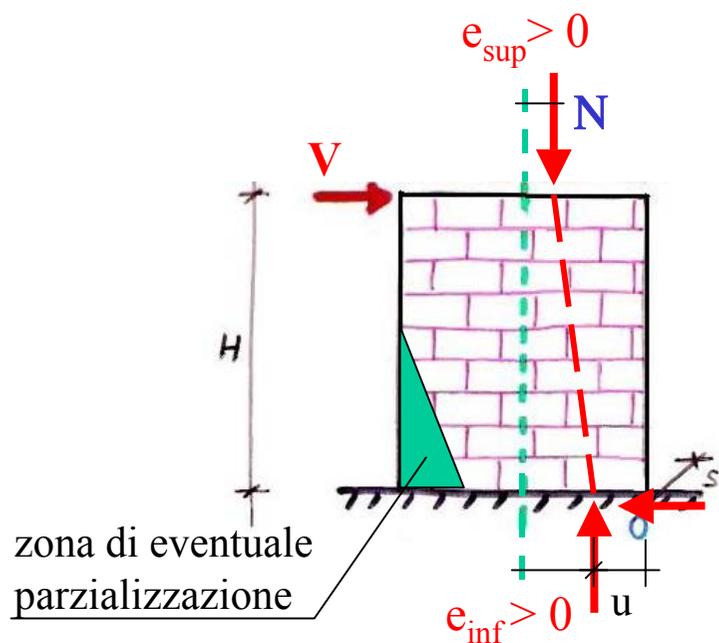
zona compressa



- A2 - limite plastico (plasticizzazione diffusa)



A1 – Valutazione del taglio ultimo al limite elastico



assegnati: N e_{sup} $\sigma_u = f_y$ (o αf_k)

posto: $N_u = \sigma_u B s$

$\chi = H / B$ $e^* = e_{sup} / B$

$N^* = N / N_u$ $V^* = V_{ult} / N_u$

- sezione tutta reagente:

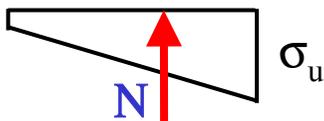
equilibrio: $V_{ult} H = N (e_{inf} - e_{sup})$

resistenza: $\sigma_u = (N / B s) x (1 + 6 e_{inf} / B)$

$$V^* = (1 / 6\chi) [1 - N^* (1 - 6e^*)]$$

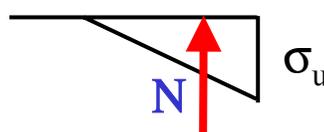
- sez. tutta reagente:

$N > N_u / 2$



- sez. parzializzata:

$N < N_u / 2$



- sezione parzializzata:

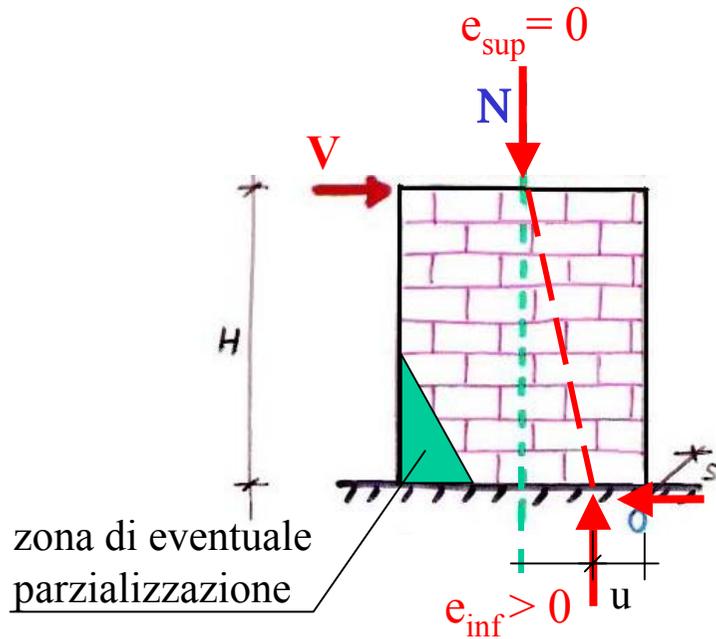
equilibrio: $V_{ult} H = N (e_{inf} - e_{sup})$

resistenza: $\sigma_u = (2 N) / (3 B u)$

$$V^* = (1 / 6\chi) [N^* (3 - 6e^*) - 4 N^{*2}]$$

Pannello con carico centrato (libero in testa):

$$e_{sup} = 0$$

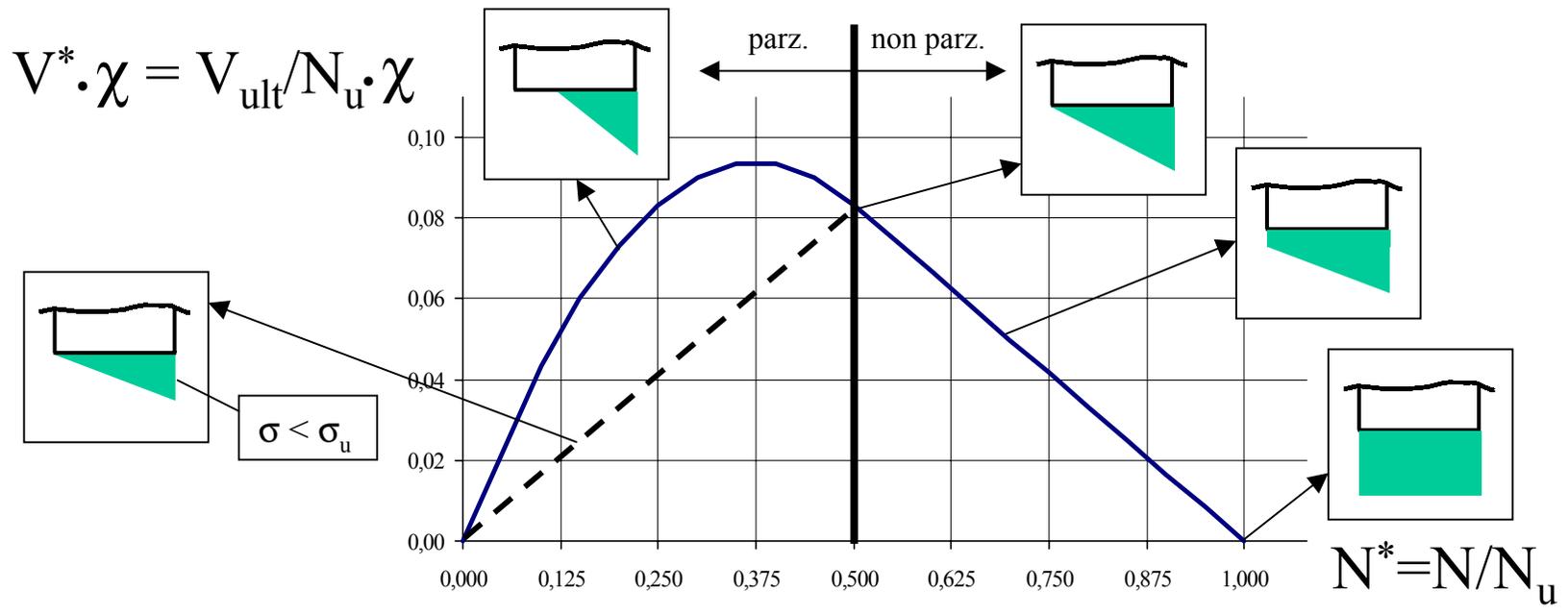


- sezione tutta reagente:

$$V^* = (1 / 6\chi) [1 - N^*]$$

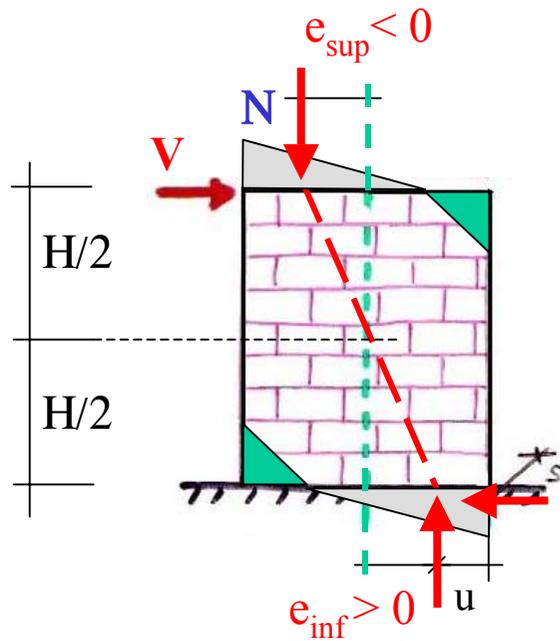
- sezione parzializzata:

$$V^* = (1 / 6\chi) [3 N^* - 4 N^{*2}]$$



Pannello con carico emisimmetrico (incastro-incastro):

$$e_{\text{sup}} = - e_{\text{inf}}$$



- È come un pannello libero in testa ($e_{\text{sup}} = 0$) di altezza metà ($H' = H/2$) cioè di snellezza metà.
- Il taglio limite (V_{ult}) è quindi **2 volte maggiore**.

- sezione tutta reagente:

$$V_{\text{ult}} H = N (e_{\text{inf}} - e_{\text{sup}}) = 2 N e_{\text{inf}}$$

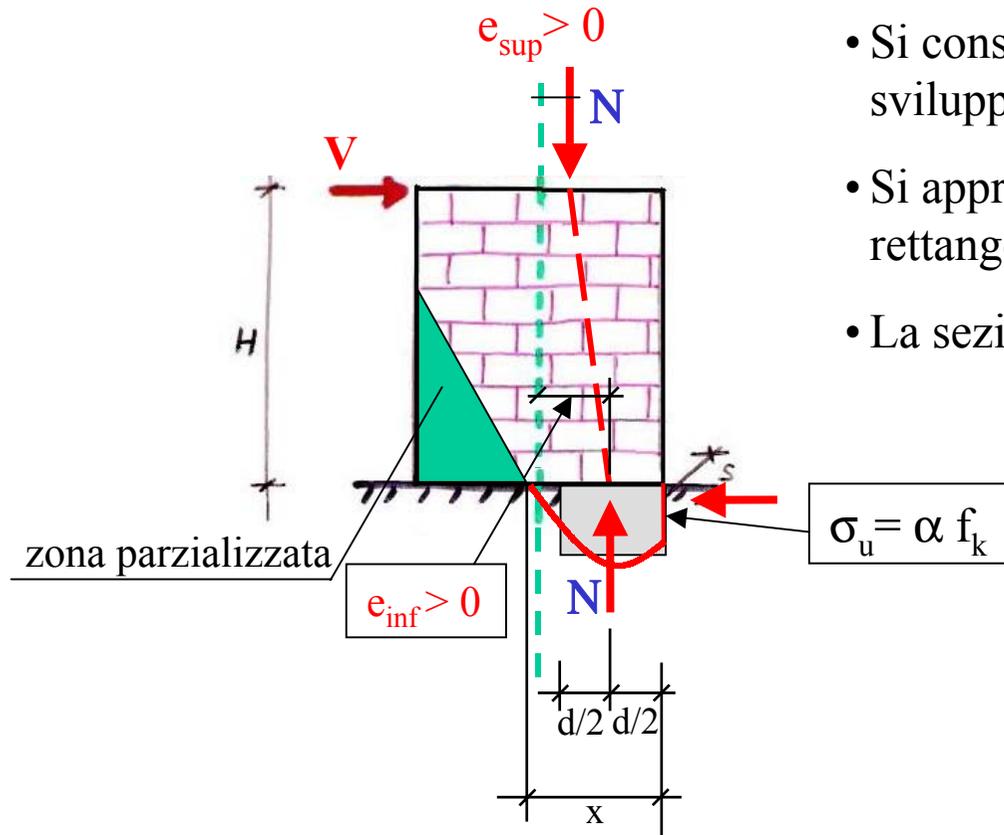
$$V^* = (1 / 3\chi) [1 - N^*]$$

- sezione parzializzata :

$$V_{\text{ult}} H = N (e_{\text{inf}} - e_{\text{sup}}) = 2 N e_{\text{inf}}$$

$$V^* = (1 / 3\chi) [3 N^* - 4 N^{*2}]$$

A2 – Valutazione del taglio ultimo al limite plastico



- Si considera il diagramma σ – ϵ completamente sviluppato.
- Si approssima il diagramma con una distribuzione rettangolare costante.
- La sezione è sempre parzializzata.

equilibrio: $V_{ult} H = N (e_{inf} - e_{sup})$

resistenza: $\sigma_u = N / (s d)$



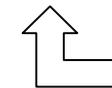
$$V^* = (1 / 2\chi) [N^* (1 - 2e^*) - N^{*2}]$$

- se $e_{sup} = 0$ (pannello libero in testa – N centrato):

$$V^* = (1 / 2\chi) [N^* - N^{*2}]$$

- se $e_{sup} = -e_{inf}$ (pannello inc.-inc. – N emisimmetrico):

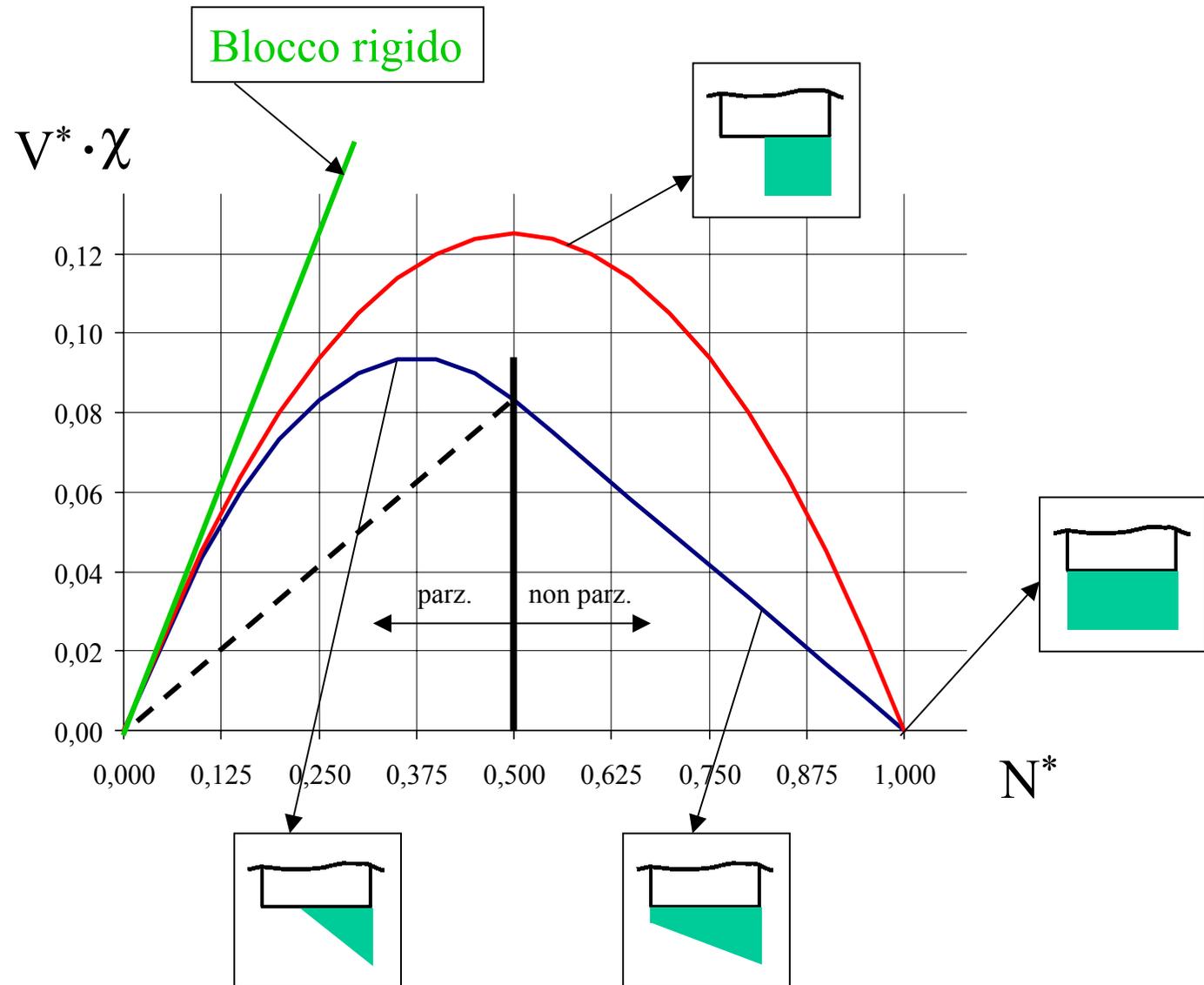
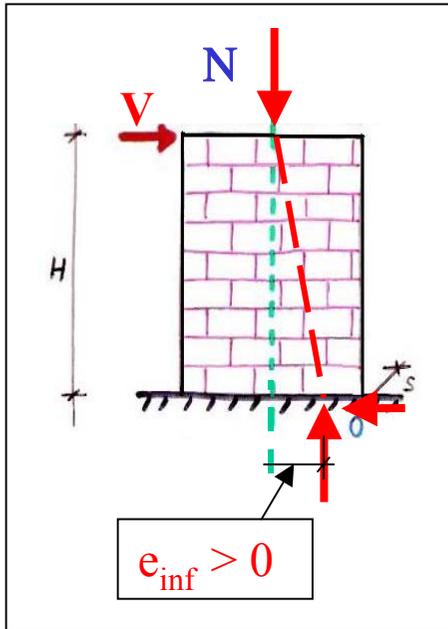
$$V^* = (1 / \chi) [N^* - N^{*2}]$$



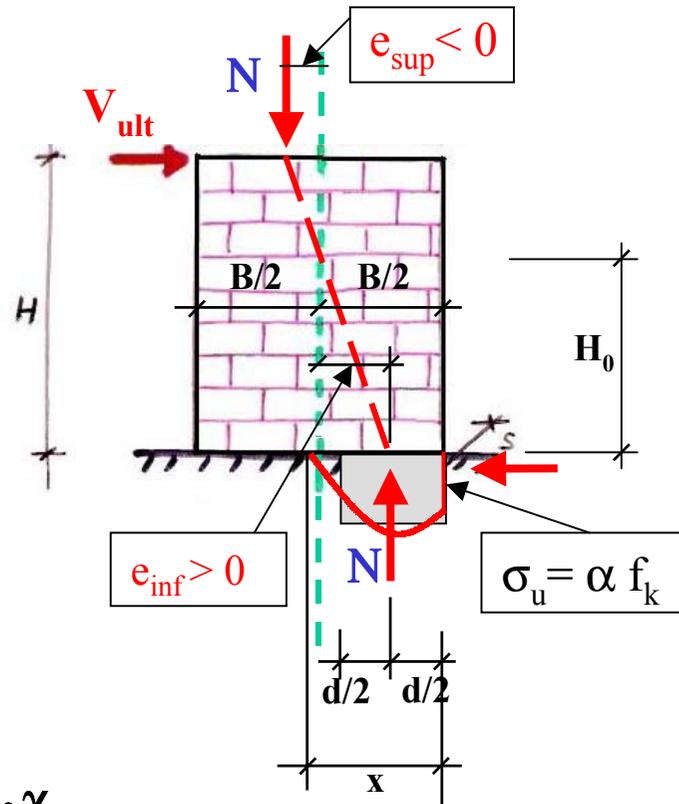
è il doppio!

Confronto tra il taglio ultimo al limite plastico ed al limite elastico

$$e_{\text{sup}} = 0$$



Valutazione del momento ultimo della sezione muraria



- Si considera il diagramma σ - ϵ completamente sviluppato.
- Si approssima il diagramma con una distribuzione rettangolare costante.
- La sezione è sempre parzializzata

$$M_{ult} = V_{ult} \times H_0 = N \times e_{inf}$$

- Si può valutare la resistenza del pannello senza dover conoscere e_{sup} ovvero H_0

$$M_{ult} = N \times e_{inf} \quad e_{inf} = B/2 - d/2 \quad N = \sigma_u \times d \times s$$

$$M_{ult} = N \times [B/2 - N/(2 \sigma_u s)] = NB/2 \times [1 - N/(\sigma_u s B)]$$

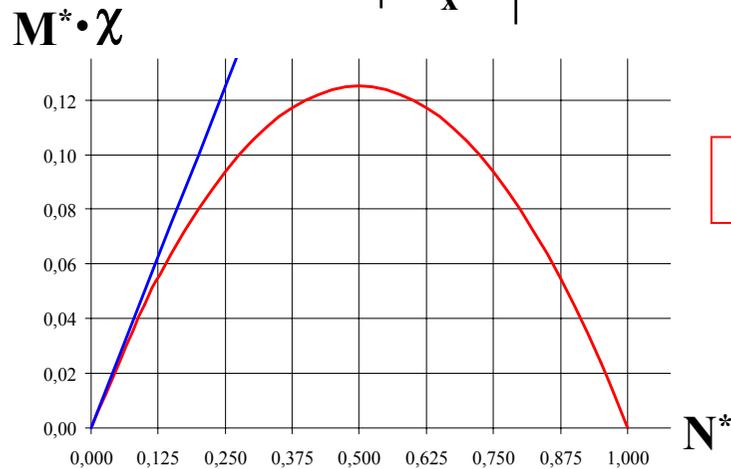
ponendo: $\sigma_0 = N / sB = \sigma_{med}$

$$M_{ult} = (\sigma_0 s B^2 / 2) (1 - \sigma_0 / \sigma_u)$$

Ordinanza 3274
 $\sigma_u = a f_k = 0.85 f_k$

$$N^* = N / N_u \quad M^* = M_{ult} / (N_u H)$$

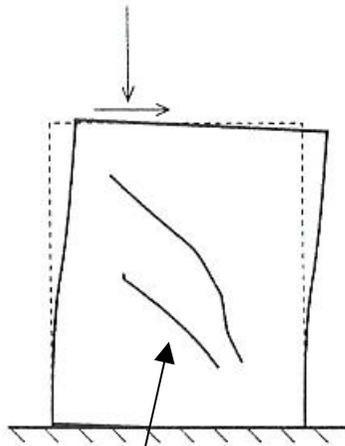
$$M^* = (1 / 2\chi) [N^* - N^{*2}]$$



MECCANISMI DI ROTTURA (stati limite ultimi):

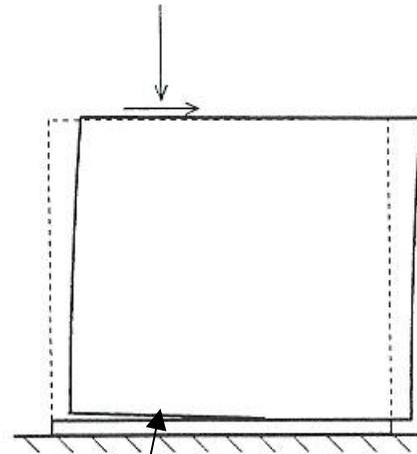
B) – Taglio

- B1- Rottura per trazione diagonale



Fessurazione
diagonale

- B2 – Rottura per scorrimento

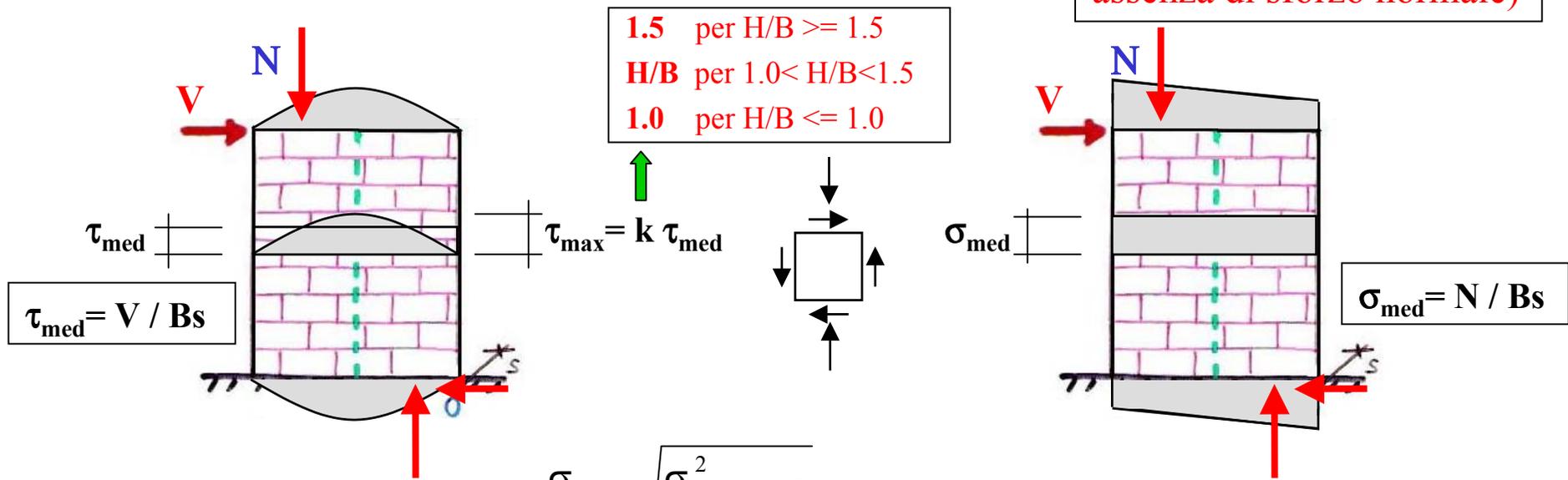


Distacco alla base o lungo
i giunti orizzontali

B1 – Valutazione del taglio ultimo - rottura per trazione diagonale

- La rottura si ha quando la tensione principale di trazione al centro del pannello raggiunge la resistenza a trazione (convenzionale) della muratura (f_{tu})
- Al centro del pannello vi sono tensioni normali (σ) e tangenziali (τ)
- Criterio utilizzato nel metodo POR (D.M. 02/07/81) →

$\tau_k =$ resistenza a taglio in assenza di sforzo normale)



- dal cerchio di Mohr:
$$\sigma_t = \frac{\sigma_m}{2} - \sqrt{\frac{\sigma_m^2}{2} + k\tau^2}$$

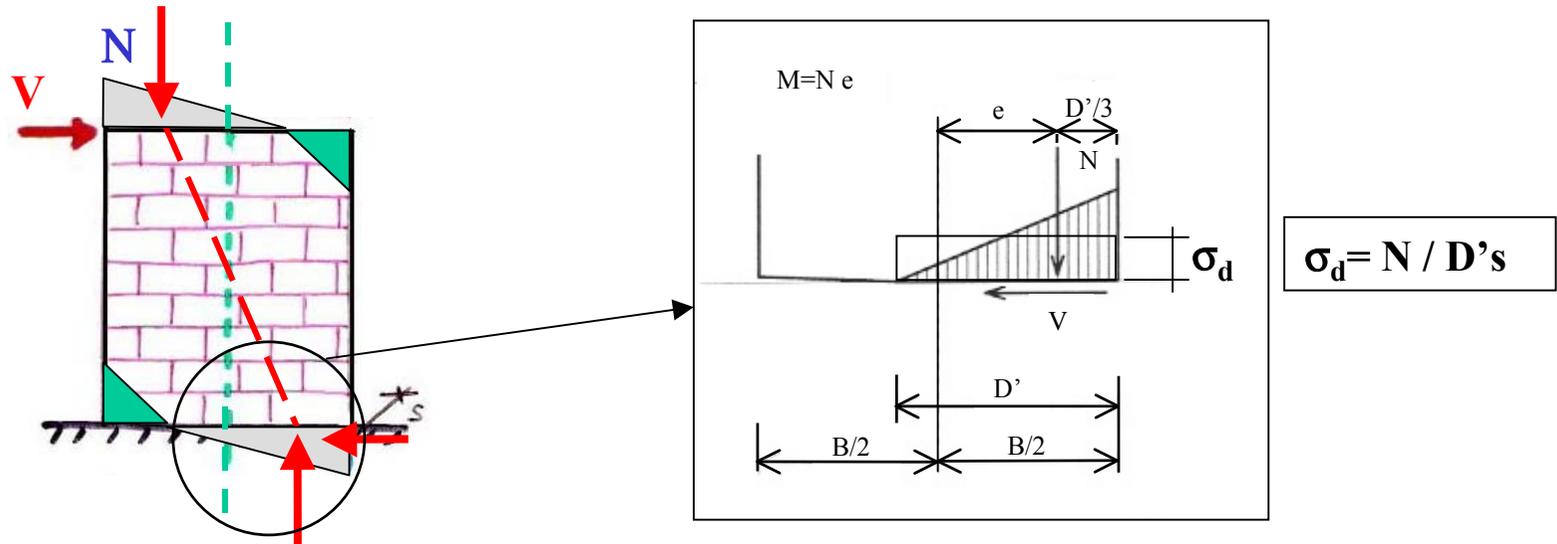
- condizione di rottura: $\sigma_t = f_{tu} = k \tau_k \rightarrow \tau = \tau_{ult}$

$$\tau_{ult} = \frac{f_{tu}}{k} \sqrt{1 + \frac{\sigma_m}{f_{tu}}} = \tau_k \sqrt{1 + \frac{\sigma_m}{k\tau_k}}$$

$$V_{ult} = \tau_{ult} Bs = \frac{f_{tu}}{k} Bs \sqrt{1 + \frac{\sigma_m}{f_{tu}}} = \tau_k Bs \sqrt{1 + \frac{\sigma_m}{k\tau_k}}$$

B2 – Valutazione del taglio ultimo - rottura per scorrimento

- La rottura si ha quando la tensione tangenziale supera la resistenza a taglio espressa alla Coulomb (criterio dell'attrito interno $\tau_{lim} = c + \mu\sigma$)
- La zona di muro resistente a taglio è solo la zona di base reagente (compressa) valutata ipotizzando una distribuzione triangolare delle tensioni normali (σ)
- Criterio utilizzato dalle norme italiane (D.M. 20/11/87 e Ordinanza 3274) e dall'EC6



- condizione di rottura: $\tau_{lim} = c + \mu\sigma$

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \sigma_d$$

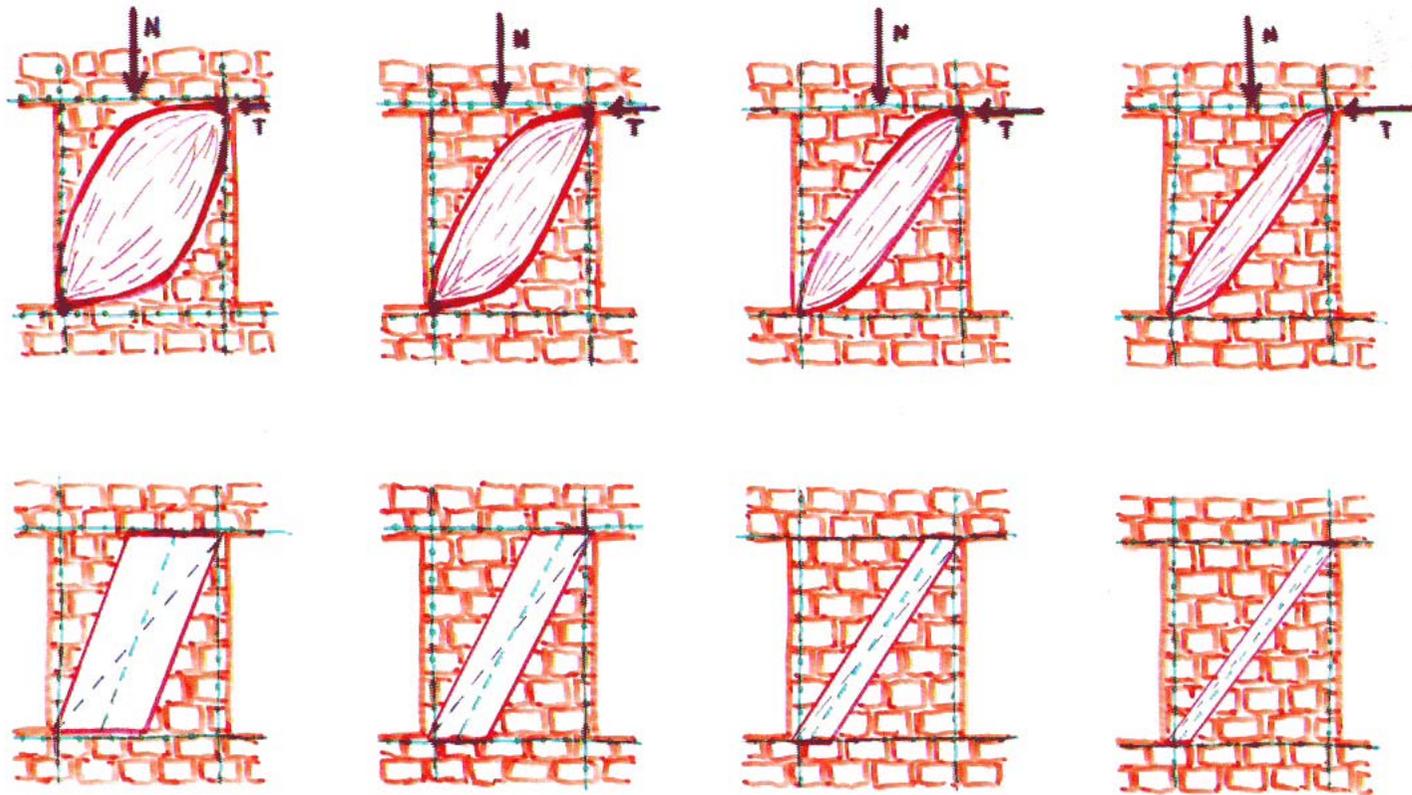
**Nuova ordinanza
D.M. 20/11/87**

$$V_{ult} = (f_{vk} D's) / \gamma_m = (f_{vk0} D's) / \gamma_m + 0.4 N / \gamma_m$$

$\gamma_m = 3$ D.M. 20/11/87

$\gamma_m = 2$ Ordinanza 3274

PANNELLO: SCHEMA DI COMPORTAMENTO



al crescere di T rispetto ad N