

Informativa sull'affidabilità dei codici

D.M. 14.01.2008 – “Norme tecniche per le costruzioni” – paragrafo 10.2

Il processo di progettazione e sviluppo del software **Architravi e Cerchiature**, per ciò che riguarda le procedure di calcolo e l'elaborazione degli elaborati in output forniti, è sottoposto al controllo del Sistema di Gestione della Qualità Aziendale della **Stacec s.r.l.**, con sede in Bovalino (RC), S.S. 106 km 87, n. 59, conforme alla norma ISO 9001:2000 e certificato da **Certiquality** con n. 8679.

Al fine della comprensione del metodo e dei parametri utilizzati si allegano cenni teorici adeguatamente commentati.

Si dichiara, inoltre, che al progettista sono stati forniti gli esempi di calcolo sottoelencati, utilizzati per verificare la validità delle procedure di calcolo ed effettuare le necessarie verifiche di controllo, i cui dati in ingresso, in essi riportati, potranno essere utilizzati per eventuali confronti con altri strumenti di calcolo.

- Test_01.arc

Il software è dotato di strumenti di autodiagnostica che controllano ed evidenziano, durante le procedure di inserimento dei dati e di elaborazione, eventuali valori non congrui, il cui utilizzo comprometterebbe una corretta elaborazione.

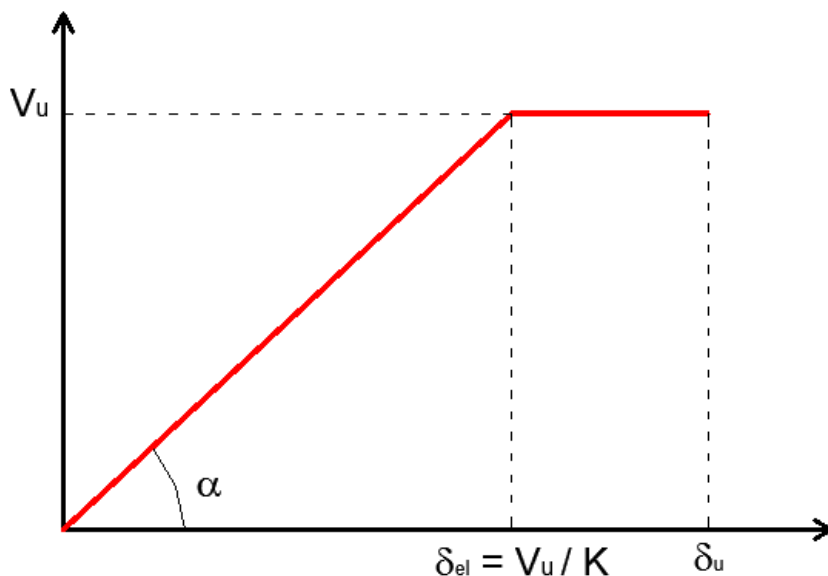
Bovalino, 7 marzo 2012.

Allegato 1: Cenni teorici

Confronto tramite analisi non lineare

Il metodo di valutazione di compatibilità più corretto della cerchiatura consiste nel confronto tra le curve bilineari dello stato di progetto rispetto allo stato di fatto.

La curva bilineare viene costruita tramite i parametri definiti nella figura seguente.



Per i maschi murari i parametri assumono le seguenti formule:

$$V_u = \min \left\{ \frac{2 \cdot M_u}{h}, V_t, V_{t,diag} \right\}$$

Dove:

$$M_u = \frac{l^2 \cdot t \cdot \sigma_0}{2} \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{0.85 \cdot f_{md}} \right) \quad \text{meccanismo a flessione}$$

$$V_t = l_{comp} \cdot t \cdot f_{vd} \quad \text{meccanismo a taglio}$$

$$V_{t,diag} = \frac{1.5 \cdot l \cdot t \cdot \tau_0}{b} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{0.85 \cdot f_{md}}} \quad \text{meccanismo a taglio diagonale}$$

La resistenza a taglio può essere calcolata ponendo $f_{vd} = f_{vm0} + 0.4 \sigma_n$ con f_{vm0} resistenza media a taglio della muratura (in assenza di determinazione diretta si può porre $f_{vm0} = f_{vk0}/0.7$), Il valore di f_{vd} non può comunque essere maggiore di $2.0 f_{bk}$ né maggiore di 2.2 MPa.

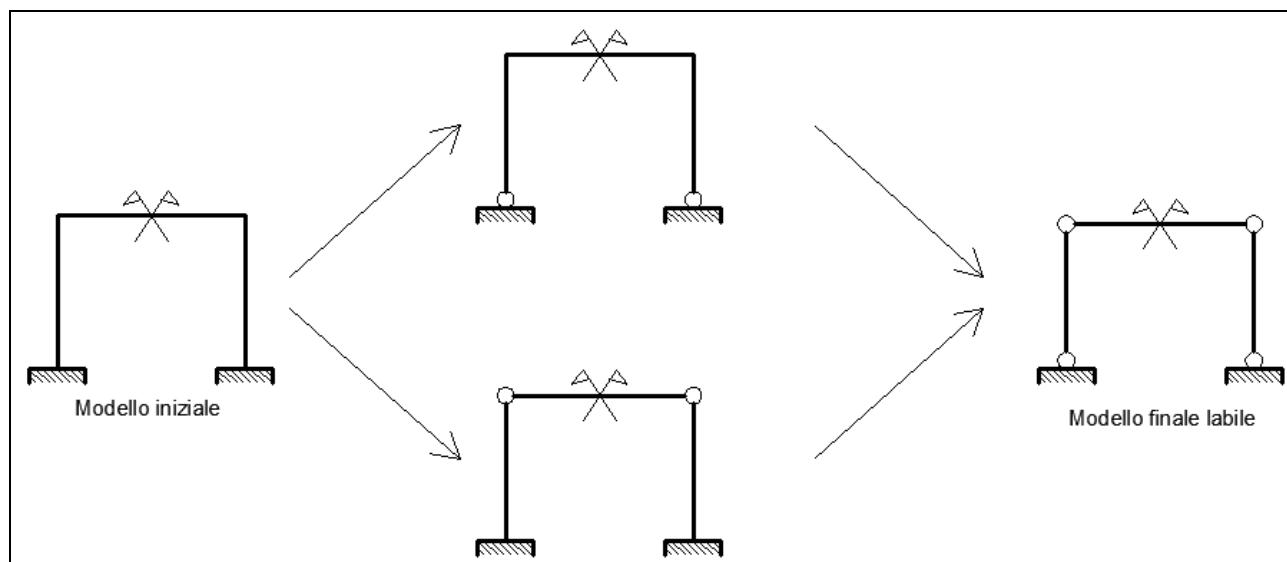
La rigidezza elastica nel caso di modello “shear-type” viene calcolata mediante la seguente formula:

$$K = \frac{1}{\frac{1.2 \cdot H}{G \cdot l \cdot t} + \frac{H^3}{12 \cdot E \cdot \left(\frac{t \cdot l^3}{12}\right)}}$$

Lo spostamento ultimo δ_u può essere assunto pari allo 0.4% dell'altezza del pannello se la rottura è legata ai meccanismi di taglio, 0.8% se invece è legata al meccanismo di rottura per flessione. In tutti i casi viene imposto come valore limite della duttilità, il valore massimo $\delta_u = 1.5 \cdot \delta_{el}$.

La cerchiatura in acciaio viene valutata mediante l'analisi plastica del telaio, considerando i possibili schemi evolutivi incrementando la forza orizzontale F applicata al traverso.

Partendo dallo schema a portale, in funzione della diversa resistenza degli elementi strutturali, vengono inserite le cerniere interne equilibrate dai momenti di plasticizzazione agenti, in base la seguente schema:



Le colonne della cerchiatura vengono modellati in base al modello di Bernoulli, mentre il traverso, in questo esempio, viene considerato come infinitamente rigido.

I valori resistenti degli elementi (traversi e colonne) sono i seguenti:

$$V_r = n_{prof} \cdot \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \text{ Taglio resistente}$$

$$M_p = \frac{n_{prof} \cdot W_{pl} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} \text{ Momento di plasticizzazione}$$

L'area di taglio A_v viene calcolata come: $\text{Area} - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$.

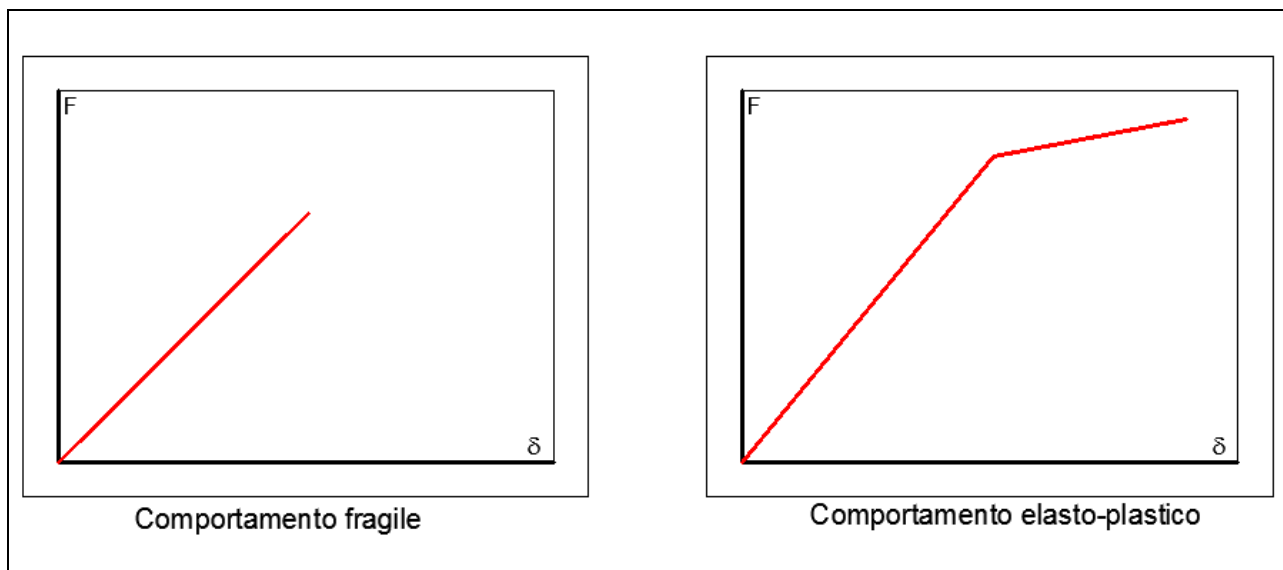
Il momento plastico in testa alla colonna viene calcolato come:

$$M_{P,Testa} = \min \{ M_{P,Col}, M_{P,Trav} \}$$

Partendo dal modello iniziale vengono calcolati il carico viene incrementato in modo da controllare:

- Plasticizzazione al piede
- Plasticizzazione in testa
- Rottura fragile a taglio

Nel caso in cui la rottura sia a taglio la curva risultante sarà di tipo elastico-fragile, negli altri due casi il risultato sarà una bilineare con tratto secondario incrudente:



La rigidezza al limite elastico viene calcolato come:

$$K = \frac{F_{EL}}{\delta_{EL}}$$

La curva dello stato di progetto viene costruita sommando le curve relative ai due maschi murari e la cerchiatura, troncando la curva risultante allo spostamento ultimo minimo dei tre elementi.

Allegato 2: Test di affidabilità

Test Acciaio

Cerchiatura in acciaio - Analisi non lineare

Dati del confronto

Spessore parete (t):	30 cm
Lunghezza parete (L):	500 cm
Altezza parete (H):	300 cm
Altezza foro (hf)	240 cm
Larghezza foro (lf):	210 cm
Profilati colonna:	HEA240
Profilati traverso:	HEA240
Modulo elastico muratura:	8700 daN/cm ²
Modulo di taglio muratura:	2900 daN/cm ²
Peso u.v. muratura:	1900 daN/m ³
Modulo elastico acciaio:	2100000 daN/cm ²
Modulo di taglio acciaio:	807692 daN/cm ²
Fattore di confidenza:	1.35
Resistenza di calcolo muratura (f _m):	10 daN/cm ²
Resistenza a taglio τ_0 :	0.2 daN/cm ²
Resistenza a taglio f _{vd} :	0.22 daN/cm ²
Carico distribuito G1 sulla parete:	100 daN/m

La cerchiatura è posta internamente al perimetro del foro.

Curva stato di fatto (parete muraria intera):

$$\sigma_0 = \frac{\gamma_{G1} \cdot q \cdot L + P.s. \cdot t \cdot L \cdot H}{L \cdot t} = \frac{1.3 \cdot 100 \cdot 5 + 1900 \cdot 0.3 \cdot 5 \cdot 3}{500 \cdot 30} = 0.613 \text{ daN/cm}^2$$

$$l_{comp} = 500 \text{ cm}$$

$$M_u = 20759 \text{ daNm}$$

$$V_t = 3333 \text{ daN}$$

$$V_{t,diag} = 6463 \text{ daN}$$

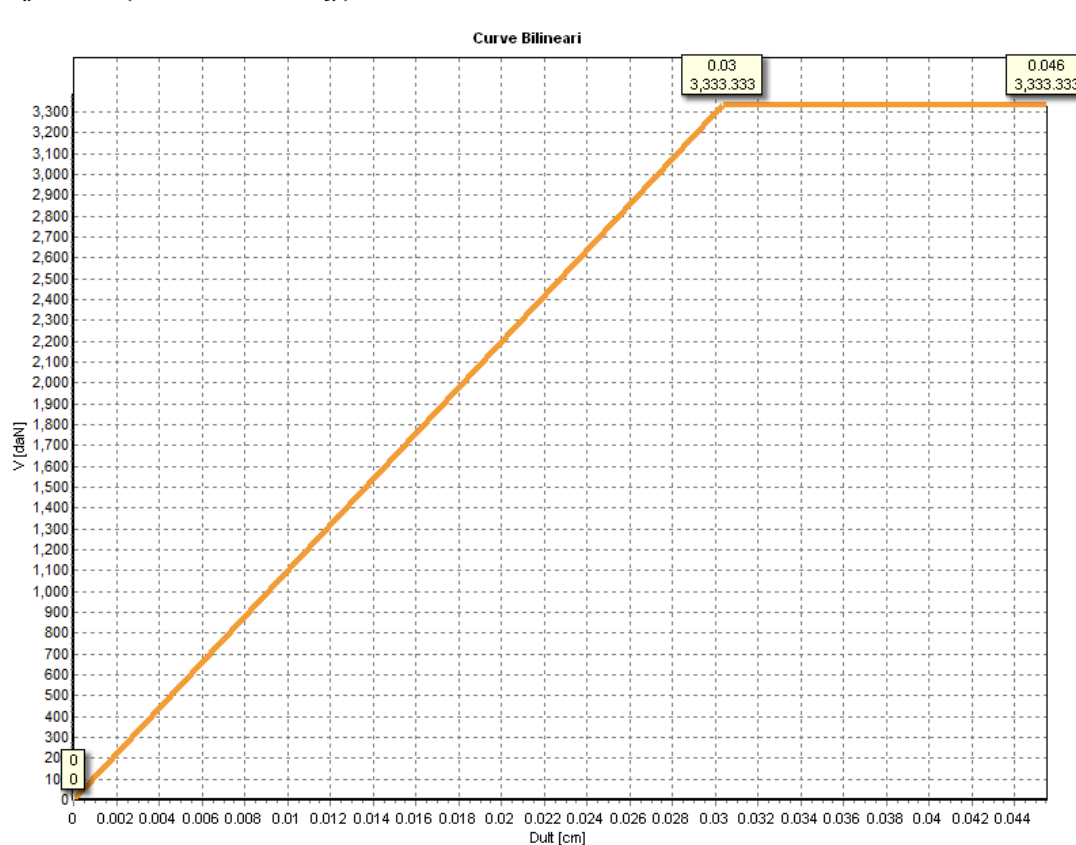
I parametri della curva saranno:

$$V_u = 3333 \text{ daN}$$

$$K = 109848 \text{ daN/cm}$$

$$\delta_{el} = V_u / K = 0.030 \text{ cm}$$

$$\delta_u = \min\{0.004 \cdot H, 1.5 \cdot \delta_{el}\} = 0.0455 \text{ cm}$$



Curva stato di progetto:Maschio-1 e Maschio-2

Dopo la realizzazione del foro i due maschi resistenti, di uguali caratteristiche, avranno le seguenti dimensioni:

Spessore maschio (t): 30 cm
 Lunghezza maschio (L): 145 cm
 Altezza maschio (H): 300 cm

$$\sigma_0 = \frac{\gamma_{G1} \cdot q \cdot L + P.s. \cdot t \cdot L \cdot H}{L \cdot t} = \frac{1.3 \cdot 100 \cdot 1.45 + 1900 \cdot 0.3 \cdot 1.45 \cdot 3}{145 \cdot 30} = 0.613 \text{ daN/cm}^2$$

$$l_{comp} = 145 \text{ cm}$$

$$M_u = 1746 \text{ daNm}$$

$$V_t = 967 \text{ daN}$$

$$V_{t,diag} = 1250 \text{ daN}$$

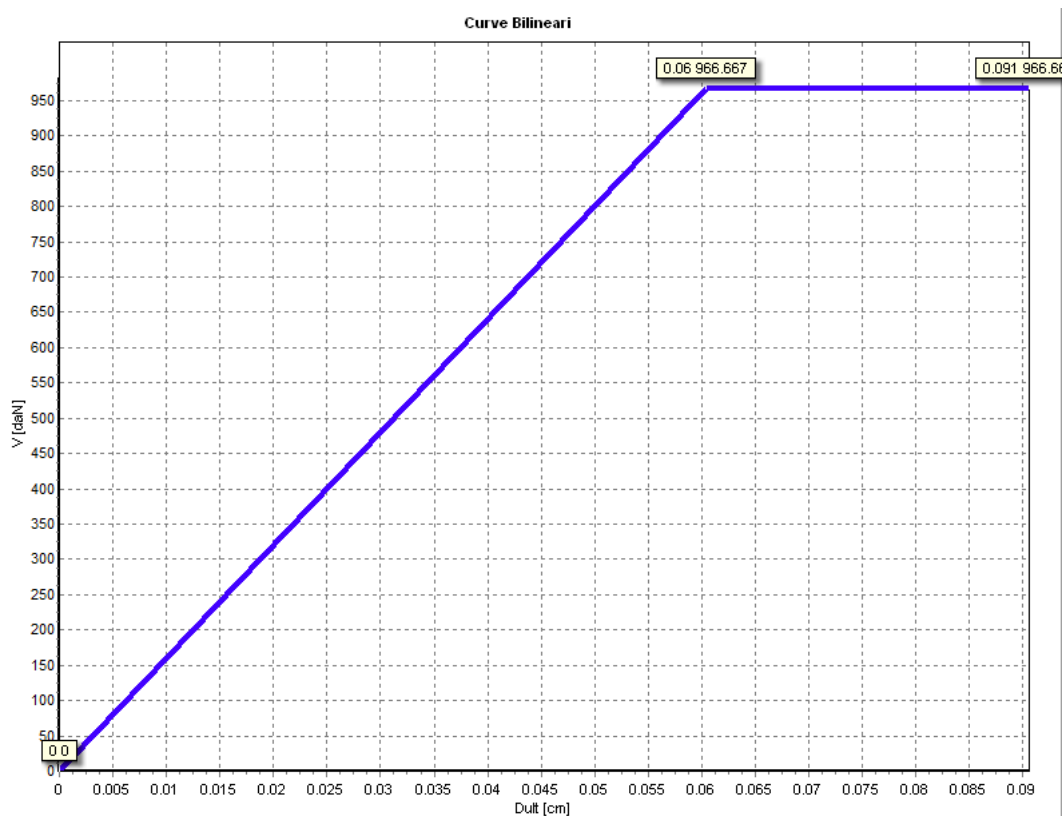
I parametri della curva saranno:

$$V_u = 967 \text{ daN}$$

$$K = 16008 \text{ daN/cm}$$

$$\delta_{el} = V_u / K = 0.060 \text{ cm}$$

$$\delta_u = \min\{0.004 \cdot H, 1.5 \cdot \delta_{el}\} = 0.091 \text{ cm}$$



Cerchiatura

La curva della cerchiatura viene elaborata mediante il calcolo delle seguenti grandezze:

Altezza netta di calcolo delle colonne = 194 cm

Larghezza netta di calcolo trasverso = 164 cm

$$A_v = 13.31 \text{ cm}^2$$

$$V_{r,Trav} = n_{prof} \cdot \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 1 \cdot \frac{13.31 \cdot 2350}{\sqrt{3} \cdot 1.05} = 17198 \text{ daN}$$

$$M_{p,Trav} = \frac{n_{prof} \cdot W_{pl} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{1 \cdot 744.6 \cdot 2350}{1.05} = 16665 \text{ daNm}$$

$$V_{r,Col} = n_{prof} \cdot \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 1 \cdot \frac{13.31 \cdot 2350}{\sqrt{3} \cdot 1.05} = 17198 \text{ daN}$$

$$M_{p,Col} = \frac{n_{prof} \cdot W_{pl} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{1 \cdot 744.6 \cdot 2350}{1.05} = 16665 \text{ daNm}$$

Il moltiplicatore che consente al portale di raggiungere il limite elastico è relativo al raggiungimento della plasticizzazione per flessione al piede. I valori delle sollecitazione corrispondenti sul modello sono:

$$F_{EL} = 33859 \text{ daN}$$

$$\delta_{EL} = 0.660 \text{ cm}$$

$$K_{EL} = 51301.5 \text{ daNcm}$$

$$M_{Piede} = 16665 \text{ daNm}$$

$$M_{Testa,Trav} = 16178 \text{ daNm}$$

$$V_{Colonna} = 16929.5 \text{ daN}$$

Il punto relativo al collasso del portale è ricavato considerando la formazione delle cerniere in testa in modo da creare un meccanismo labile. Il momento agente, calcolato con lo schema di cerniera al piede, deve essere calcolato sottraendo il momento di plasticizzazione (in questo esempio pari a 16665 daNm).

Al collasso i valori delle sollecitazioni sono pari a:

$$F_U = 68736 \text{ daN}$$

$$\delta_U = 3.38 \text{ cm}$$

$$M_{Piede} = 0 \text{ daNm}$$

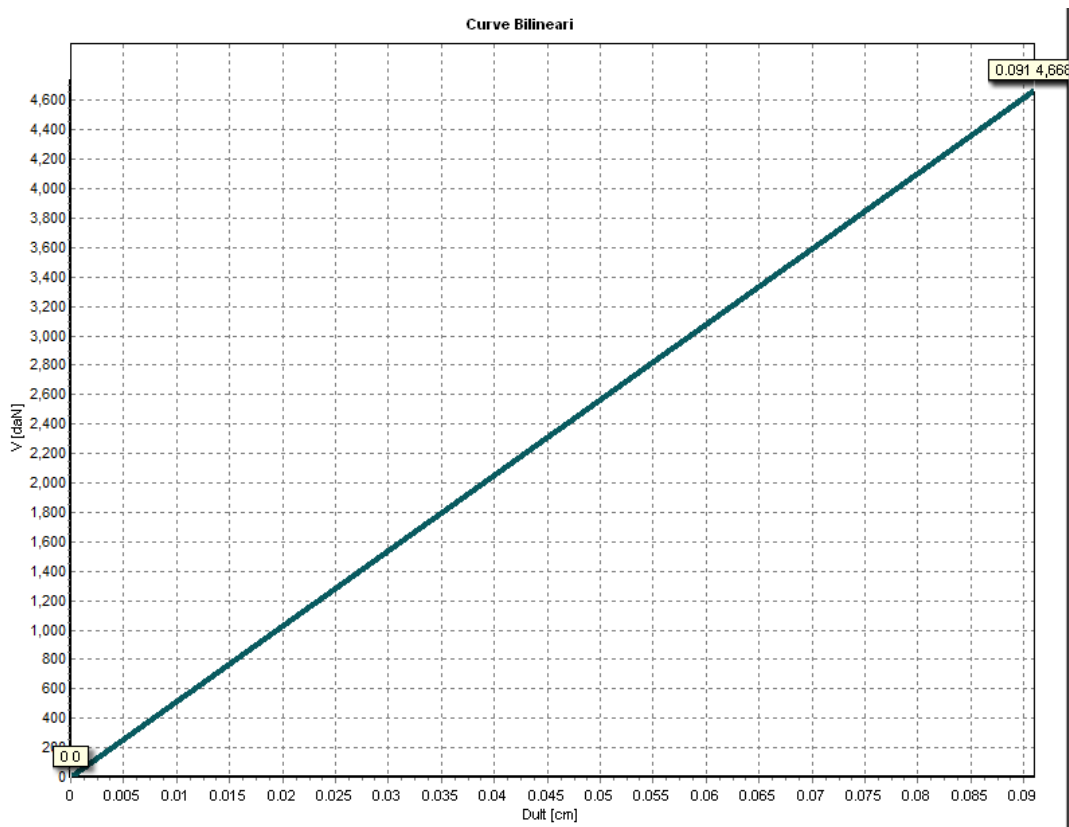
$$M_{Testa,Trav} = 16665 \text{ daNm}$$

$$V_{Colonna} = 16929.5 \text{ daN}$$

Il valore di δ_{el} risulta superiore dello spostamento ultimo δ_u dei maschi murari, pertanto la cerchiatura è ancora in campo elastico quando viene raggiunto il collasso dei maschi murari. In tal caso verranno imposti i seguenti parametri della curva:

$$\delta_u = \delta_{el} = 0.091 \text{ cm}$$

$$V_{(\delta_{el})} = K_{EL} \cdot \delta_{el} = 4668 \text{ daN}$$

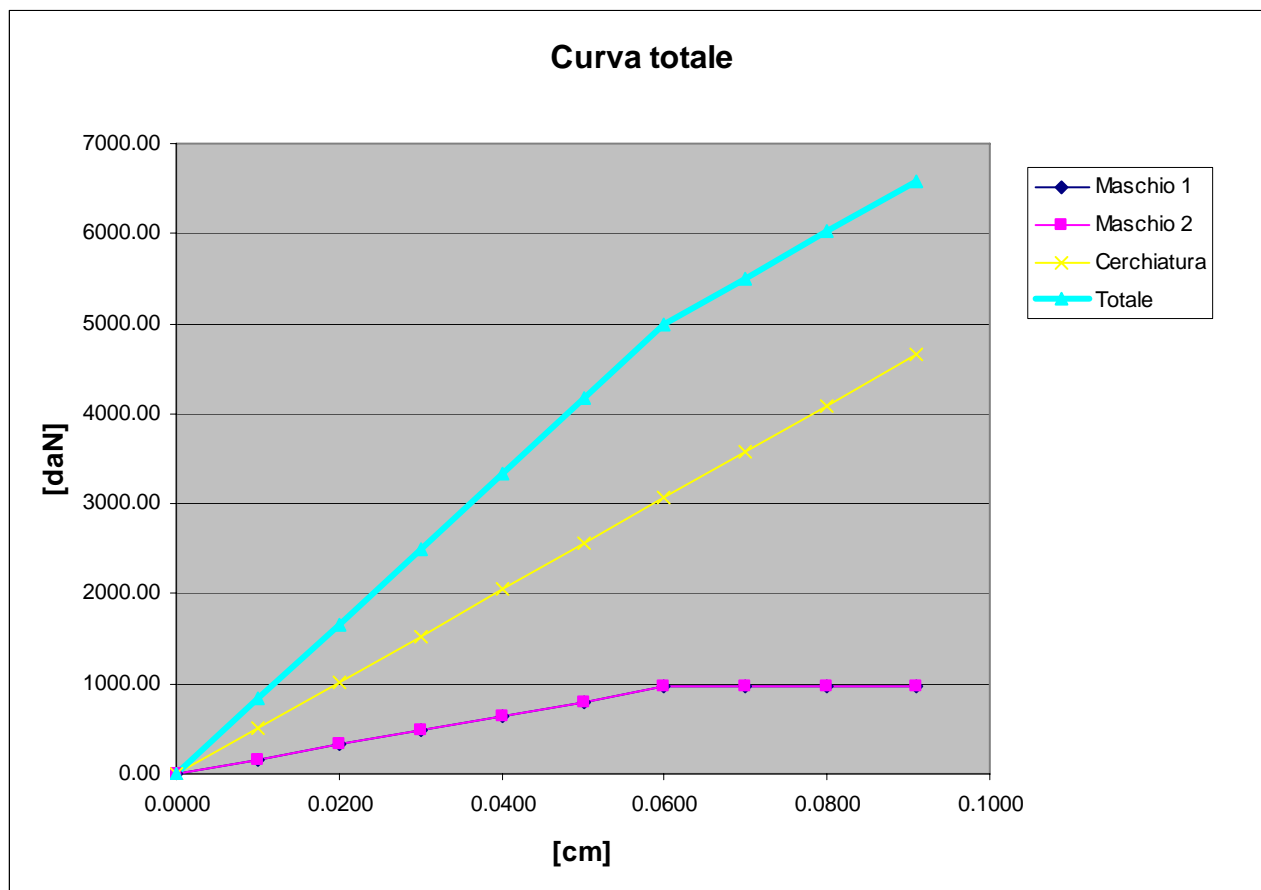


Curva risultante

La curva risultante viene costruita sommando, per ogni valore dello spostamento il corrispondente valore del taglio. La curva viene costruita come:

Curva (maschio 1) + Curva (maschio 2) + Curva (Cerchiatura)

δ [cm]	V [cm] Maschio 1	V [cm] Maschio 2	V [cm] Cerchiatura	V [cm] Totale
0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00
0.0100	161.11	161.11	510.81	833.04
0.0200	322.23	322.23	1021.63	1666.08
0.0300	483.34	483.34	1532.44	2499.12
0.0400	644.45	644.45	2043.26	3332.16
0.0500	805.57	805.57	2554.07	4165.20
0.0600	966.68	966.68	3064.89	4998.25
0.0700	966.68	966.68	3575.70	5509.06
0.0800	966.68	966.68	4086.51	6019.87
0.0910	966.68	966.68	4648.41	6581.77



Confronto risultati numerici

Dal semplice confronto numerico si evince la correttezza dei risultati ottenuti.

