

modello: T_WO_SOFTEST - Rev.1.0 del 14.07.10
nomefile: \\Fileserver\archivio\CP Ingegneria\Ar-tec\Software_TEST
VALIDAZIONE\programmi\VcaSlu_t2.doc

Codice: **VcaSlu**
Release: 7.5 - 16.06.09

1. Dati generali

1.1 Titolo

MOMENTO DI ROTTURA PER SEZIONE IN C.A. A DOPPIA ARMATURA. DA "EUROCODICE 2 – ESEMPI DI CALCOLO".

1.2 Computer file / data esecuzione test

T2.slu – 17.08.2010

1.3 Descrizione

Momento di rottura di sezione rettangolare in calcestruzzo armato a doppia armatura

1.4 Target

Momento di rottura della sezione

1.5 Tipo di analisi

Il programma calcola i momenti resistenti di progetto (momenti ultimi) corrispondenti al valore assegnato dell'azione assiale sollecitante di progetto e dell'eventuale azione assiale di precompressione.

Il calcolo viene eseguito discretizzando la sezione in rettangolini. Ciascun rettangolino viene considerato soggetto ad una tensione normale uniforme corrispondente alla deformazione nel suo baricentro.

Il momento resistente viene determinato dopo aver calcolato la curvatura che, in condizioni di deformazione limite del calcestruzzo o dell'acciaio, soddisfa l'equilibrio alla traslazione. L'equazione di equilibrio alla traslazione viene risolta numericamente con il metodo "Illinois", cioè con successive interpolazioni lineari fra valori in cui la funzione cambia segno. Il test di convergenza si considera soddisfatto se la risultante delle tensioni interne differisce dall'azione assiale meno di $NL/1.000.000$, essendo NL il valore limite ultimo dello sforzo normale per compressione semplice.

1.6 Unità di misura

cm, cm^2 , MPa, kN, kN·m

1.7 Geometria

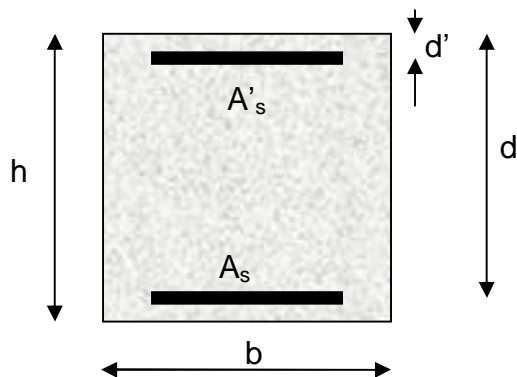


figura 1 **schema statico**

modello: T_WO_SOFTEST - Rev.1.0 del 14.07.10
nomefile: \\Fileserver\archivio\CP Ingegneria\Ar-tec\Software__TEST
VALIDAZIONE\programmi\VcaSlu_t2.doc

Codice: **VcaSlu**
Release: 7.5 - 16.06.09

1.8 Dimensioni

$b=30\text{cm}$, $h=50\text{cm}$, $d=46\text{cm}$, $d'=4\text{cm}$

1.9 Caso di carico

[omissis]

1.10 Condizioni al contorno

[omissis]

1.11 Proprietà dei materiali

Cls: classe C20/25 $\gamma_c=1.6$
Acciaio: ex FeB44k $\gamma_s=1.15$

1.12 Proprietà delle sezioni

Armatura della sezione: $A'_s=1.57\text{cm}^2$, $A_s=8.28\text{cm}^2$

1.13 Tipo di elemento finito utilizzato dal software

[omissis]

1.14 Metodo di comparazione della soluzione fornita dal software

Soluzione proposta nel testo riportato in bibliografia.

2. Computer model

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window displays various input and output parameters for a structural analysis. Key elements include:

- Titolo:** test N°2 -
- N° figure elementari:** 1
- N° strati barre:** 2
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	50
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1.57	4
2	8.279999	46
- Materiali:** FeB44k, C20/25. Properties listed include ϵ_{su} , f_{yd} , E_s , E_s/E_c , $\epsilon_{s,adm}$, ϵ_{c2} , ϵ_{cu} , f_{cc}/f_{cd} , $\sigma_{c,adm}$, τ_{co} , τ_{c1} , σ_c , σ_s , ϵ_c , ϵ_s , d , x , x/d , δ .
- P.to applicazione N:** Centro, Baricentro cls, Coord. [cm].
- Metodo di calcolo:** S.L.U., S.L.U., Metodo n.
- Metodo di flessione:** Retta, Deviata.
- Calcola MRd:** Dominio M-N.
- N° rett.:** 100.
- Col. modello:** L₀, Col. modello.
- Precompresso:** checkbox.

modello: T_WO_SOFTEST - Rev.1.0 del 14.07.10
nomefile: \\Fileserver\archivio\CP Ingegneria\Ar-tec\Software_TEST VALIDAZIONE\programmi\VcaSlu_t2.doc

Codice: **VcaSlu**
Release: 7.5 - 16.06.09

3. Soluzione di confronto

Se non diversamente indicato, tutti gli esempi sono svolti per strutture in classe di esposizione 1 (ambiente secco), (cfr. EC2 4.1.3.1 Tab. 4.1), realizzate con i seguenti materiali:

Calcestruzzo C20/25

$$R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_c = 1,6 \quad f_{cd} = 12,5 \text{ N/mm}^2$$

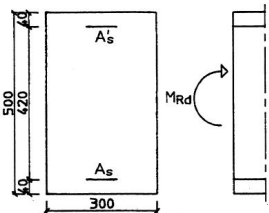
Acciaio FeB44k

$$f_{yk} = 430 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = 374 \text{ N/mm}^2 \quad \epsilon_{syd} = 1,87 \text{ ‰}$$

Se non diversamente indicato, le quote dei disegni sono in mm.

Nota: nel caso di utilizzo del sistema MKS, (anzichè del sistema SI), si ricorda che 1 kgf = 9,81 N \approx 10 N.



Calcolare M_{Rd} per la sezione di figura, armata con $A'_s = 157 \text{ mm}^2$ e $A_s = 828 \text{ mm}^2$:

$$\delta = \frac{d'}{d} = \frac{40}{460} = 0,087 \quad \omega = \frac{828 \cdot 374}{300 \cdot 460 \cdot 12,5} = 0,180 \quad \omega' = 0,034$$

La procedura richiede successive iterazioni: ipotizzando $\kappa = \kappa' = 1$, cioè che tutta l'armatura compressa ω' lavori in coppia con una identica quantità di armatura tesa, vale:

$$\omega_o = \omega - \frac{\kappa'}{\kappa} \omega' = 0,180 - 0,034 = 0,146$$

Il valore $\omega_o = 0,146$ appartiene, in tabella NOR 6.2 1, al campo 2: ad esso corrisponde, interpolando linearmente in tabella, $\xi = 0,223$. In campo 2 è inoltre $\kappa = 1$.

Il coefficiente κ' dell'armatura compressa vale (cfr. NOR 6.5 1):

$$\kappa' = \frac{5,35(\xi - \delta)}{(1 - \xi)} = \frac{5,35(0,223 - 0,087)}{(1 - 0,223)} = 0,936$$

Alla seconda iterazione, risulta

$$\omega_o = \omega - \frac{\kappa'}{\kappa} \omega' = 0,180 - \frac{0,936}{1} \cdot 0,034 = 0,148$$

Il procedimento iterativo risulta rapidamente convergente. A tale valore ω_o corrisponde, nella tabella, $\xi = 0,225$. Il coefficiente κ' dell'armatura compressa vale:

$$\kappa' = \frac{5,35(\xi - \delta)}{(1 - \xi)} = \frac{5,35(0,225 - 0,087)}{(1 - 0,225)} = 0,953$$

Alla terza iterazione, risulta

$$\omega_o = \omega - \frac{\kappa'}{\kappa} \omega' = 0,180 - \frac{0,953}{1} \cdot 0,034 = 0,148 \text{ invariato.}$$

Al valore $\omega_o = 0,148$ corrisponde in tabella $\mu = 0,134$. Il momento ridotto totale μ_{tot} risulta:

$$\mu_{tot} = \mu + \kappa' \omega' (1 - \delta) = 0,134 + 0,953 \cdot 0,034 \cdot (1 - 0,087) = 0,164$$

Il momento resistente vale:

$$M_{Rd} = 0,164 \cdot 300 \cdot 460^2 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6} = 130,1 \text{ kNm}$$

4. Comparazione dei risultati di Target

entità	computer model	soluzione alternativa	$\Delta\%$
momento di rottura della sezione	129.9 kN·m	130.1 kN·m	-0.2%

5. Bibliografia

Biasioli F., Debernardi P., Marro P. *Eurocodice 2 – Esempi di Calcolo* Ed. Keope, Torino, 1998.