

modello: T\_WO\_SOFTEST - Rev.1.0 del 14.07.10  
nomefile: \\Fileserver\archivio\CP Ingegneria\Ar-tec\Software\\_TEST  
VALIDAZIONE\programmi\VcaSlu\_t1.doc

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

## 1. Dati generali

### 1.1 Titolo

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

### 1.2 Computer file / data esecuzione test

T1.slu – 17.08.2010

### 1.3 Descrizione

Momento di rottura di sezione rettangolare in calcestruzzo armato a semplice 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

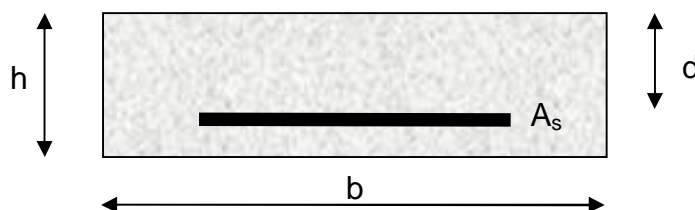


figura 1 **schema statico**

### 1.8 Dimensioni

$b=50cm$ ,  $h=28cm$ ,  $d=24cm$

modello: T\_WO\_SOFTEST - Rev.1.0 del 14.07.10  
nomefile: \\Fileserver\archivio\CP Ingegneria\Ar-tec\Software\\_TEST VALIDAZIONE\programmi\VcaSlu\_t1.doc

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

## 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 con 4d14:  $A_s=6.16 \text{ cm}^2$

## 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:

- Title:** test N°1 -
- Section Type:** Rettan.re (selected), Trapezi, a T, Circolare, Rettangoli, Coord.
- Elementary Figures Table:**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	50	28	1	6.16	24
- Loads:** N<sub>Ed</sub>, M<sub>xEd</sub>, M<sub>yEd</sub> (all set to 0).
- Application Point:** Centro (selected), Baricentro cls, Coord.[cm] (xN, yN).
- Failure Type:** Lato calcestruzzo - Acciaio snervato.
- Calculation Method:** S.L.U.+ (selected), S.L.U.-, Metodo n.
- Material Properties:**
  - FeB44k:**  $\sigma_{su}$  67.5%,  $f_{yd}$  373.9 N/mm²,  $E_s$  200'000 N/mm²,  $E_s/E_c$  15,  $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²,  $\tau_{co}$  0.5333,  $\tau_{c1}$  1.686.
  - C20/25:**  $\sigma_{c2}$  2%,  $\sigma_{cu}$  3.5,  $f_{cd}$  10.63,  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8,  $\sigma_{c,adm}$  8.5,  $\tau_{c1}$  1.686.
- Output Results:**
  - $M_{xRc}$  50.15 N m (highlighted in red)
  - $\sigma_c$  -10.63 N/mm²
  - $\sigma_s$  373.9 N/mm²
  - $\epsilon_s$  3.5 ‰
  - $\epsilon_{cs}$  12.2 ‰
  - $d$  24 cm
  - $x$  5.35,  $x/d$  0.2229
  - $\delta$  0.7187
- Other Parameters:** Tipo rottura, Metodo di calcolo, Tipo flessione (Retta selected), N° rett. 100, Calcola MRd, Dominio M-N, L<sub>o</sub>, Col. modello, Precompresso.

modello: T\_WO\_SOFTEST - Rev.1.0 del 14.07.10  
 nomefile: \\Fileserver\archivio\CP Ingegneria\Ar-tec\Software\\_\_TEST  
 VALIDAZIONE\programmi\VcaSlu\_t1.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

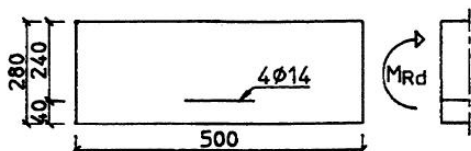
$$f_{yk} = 430 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_s = 1,15$$

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

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  $\cong$  10 N.

Calcolare il momento resistente  $M_{Rd}$  della sezione inflessa armata come in figura.



$$A_s = 4 \cdot 154 = 616 \text{ mm}^2 \quad A'_s = 0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Essendo } \omega' = 0 \text{ si ha } \omega_o = \omega = \frac{A_s f_{yd}}{b d f_{cd}} = \frac{616 \cdot 374}{500 \cdot 240 \cdot 12,5} = 0,154$$

Dalla tabella NOR 6.2 1 la soluzione è in campo 2

$$\text{per } \omega_o = 0,149 \quad \mu = 0,135 \quad \text{per } \omega_o = 0,155 \quad \mu = 0,140$$

$$\text{con interpolazione lineare:} \quad \text{per } \omega_o = 0,154 \quad \mu = 0,139$$

Il momento resistente vale:

$$M_{Rd} = \mu b d^2 f_{cd} = 0,139 \cdot 500 \cdot 240^2 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6} = 50 \text{ kNm}$$

### 4. Comparazione dei risultati di Target

entità	computer model	soluzione alternativa	$\Delta\%$
momento di rottura della sezione	50.15 kN·m	50 kN·m	0.3%

### 5. Bibliografia

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