

## ANEXĂ

### A. NOTE DE CALCUL

**A.1.** Verificarea prin calcul a capacității de rezistență pentru clădire situat în mun.Sebeș, str.Piata Primăriei nr.3 corespunzătoare metodologiei de nivel 1, **calculul coeficientului  $R_3$  pentru varianta actuală, realizat de proiectantul de structuri**

#### Date generale

Amplasament: zona seismică:  $a_g = 0,10 g$

Anul construcției: sfârșit secol XV, început secol XVI.

Funcțiune: muzeu  $\gamma_{1a} = 1,2$

Regim de înălțime : D+P+E

Structură :

- Infrastructura este realizată din fundații continue din piatră și cărămidă
- Suprastructura de rezistență este alcătuită din zidărie portantă de piatră și cărămidă dispusă după cele două direcții ortogonale. Pereții exteriori sunt de 75-83 cm grosime iar cei interiori de 40 și 50 cm fără sâmburi și centuri din beton armat.
- Planșeele sunt realizate din bolți de cărămidă peste demisol și parter și planșeu de lemn peste etaj.
- Acoperișul este de tip șarpantă de lemn cu învelitoare din țiglă ceramică.

Nu există planurile inițiale ale clădirii și nici informații privind comportarea clădirii la cutremurele din sec. IX și XX.

S-a întocmit relevul structural al clădirii și s-au efectuat investigații în situ pentru determinarea proprietăților materialelor.

#### Rezistențele zidăriei :

- Factorul de încredere :  $CF = 1,35$

Coeficientul parțial de siguranță pentru zidărie executată după anul 1895 –  $\gamma_M = 2,3$

Rezistența medie a zidăriei la compresiune :

$$f_m = 1,33 \times f_{vk} = 1,33 \times 2,35 = 3,13 \text{ N/mm}^2$$

$$f_k = 2,35 \text{ N/mm}^2 \text{ (conform CR 6)}$$

Rezistența de proiectare la compresiune :

$$f_d = f_m / CF = 3,13 / 1,35 = 2,32 \text{ N/mm}^2$$

Rezistența caracteristică inițială la forfecare (lunecare în rostul de așezare) :

$$f_{vko} = 0,045 \text{ N/mm}^2$$

Rezistența unitară de proiectare la lunecare în rost orizontal :

$$f_{vd} = f_{vm} / (\gamma_M \times CF) = 1,33 \times f_{vk} / (\gamma_M \times CF) = 1,33 (f_{vko} + 0,4 \sigma_d) / (\gamma_M \times CF) = 0,17 \text{ N/mm}^2$$

Rezistența de proiectare la forfecare ( rupere în scară) :

$$f_{td} = 0,4 f_d / (\gamma_M \times CF) = 0,04 \times 2,32 / (2,3 \times 1,35) = 0,030 \text{ N/mm}^2$$

## Calculul suprafețelor de zidărie

### A. Nivelul demisol și parter

#### A.1. Direcția longitudinală

Zid ax 1

$$(22,56 \times 0,8) = 18,05 \text{ mp}$$

Contraforți

$$(3 \times 0,9 \times 0,8) + (4 \times 1,05 \times 0,4) = 3,84 \text{ mp}$$

$$\text{Total zid ax 1} = 21,89 \text{ mp}$$

$$\text{Zid ax 2} = (0,7 + 3,38 + 0,82) \times 0,76 = 3,72 \text{ mp}$$

$$\text{Zid ax 3} = [(0,7 + 3,38 + 0,82 + 3,81) \times 0,79] - 0,6 = 6,28 \text{ mp}$$

$$\text{Zid ax 4} = 0,80 \times (0,83 + 3,13 + 0,77 + 5,07 + 2,56) + 8,71 \times 0,5 = 14,24 \text{ mp}$$

$$\text{Zid ax 5 și 6} = 22,42 \times (0,8 + 0,82) = 36,32 \text{ mp}$$

$$\text{Total suprafața ziduri longitudinale} = 82,45 \text{ mp}$$

**Nota :**

- Zonele de intersectare cu pereții transversali sunt cuprinse în suprafața zidurilor longitudinale

$$\text{- Suprafața intersecțiilor } S_{\text{int}} = 20 \times 0,8 \times 0,7 = 11,8 \text{ mp}$$

#### A.2. Direcția transversală

$$\text{Zid ax A} = (6,04 + 5,38) \times 0,83 = 9,47 \text{ mp}$$

$$\text{Zid ax B} = 5,98 \times 0,77 = 4,60 \text{ mp}$$

$$\text{Zid ax C} = (6,09 \times 0,70) + (4,93 \times 0,70) = 7,71 \text{ mp}$$

$$\text{Zid ax E} = 5,11 \times 0,76 = 3,88 \text{ mp}$$

$$\text{Zid ax F} = 4,76 \times 0,60 = 2,86 \text{ mp}$$

$$\text{Zid ax G} = 2,41 \times 0,82 = 1,98 \text{ mp}$$

$$\text{Zid ax I} = (6,8 + 4,48) \times 0,8 = 9,02 \text{ mp}$$

$$\text{Zone boltite} = 2 \times 3,5 = 7,00 \text{ mp}$$

$$\text{Total suprafața ziduri transversale} = 46,52 \text{ mp}$$

Echilibrarea suprafețelor după cele două direcții ortogonale/nivel parter

$$\text{- a) Suprafata / direcția longitudinală} = 82,45 \text{ mp}$$

$$\text{- b) Suprafata / direcția transversală} = 46,52 \text{ mp}$$

$$\text{Total suprafața} = 128,97 \text{ mp}$$

$$\text{- Suprafața totală zone intersecții } S_{\text{int}} = 11,80 \text{ mp}$$

- Suprafețe împărțite pe direcții :

$$\text{- Direcția longitudinală } S_{\text{int/long}} = - 11,8/2 = - 5,9 \text{ mp}$$

$$\text{- Direcția transversală } S_{\text{int/trans}} = + 11,8/2 = + 5,9 \text{ mp}$$

### Determinarea suprafețelor echilibrate nivel demisol+parter

Se scad golurile de ferestre = 8,53 mp

$$\text{- Longitudinal: } S_{\text{zid/long}} = 82,45 - 5,9 = 76,55 - 8,53/2 = 72,29 \text{ mp}$$

$$\text{- Transversal: } S_{\text{zid/trans}} = 46,52 + 5,9 = 52,42 - 8,53/2 = 48,15 \text{ mp}$$

$$\text{Total suprafața/ziduri} = 120,44 \text{ mp}$$

## B. Nivelul intermediar

Coeficient de repartitie  $c_1 = 89,37 / 398,03 = 0,22$

- Longitudinal  $= 76,55 \times 0,22 = 16,84 \text{ mp}$

- Transversal  $= 52,42 \times 0,22 = 11,53 \text{ mp}$

**Total suprafața/ziduri = 28,37 mp**

## C. Nivele etaj

Coeficient de repartitie  $c_2 = 398,03 \times (0,7+0,375) / 2 = 0,54$

- Longitudinal  $= 76,55 \times 0,54 = 41,34 \text{ mp}$

- Transversal  $= 52,42 \times 0,54 = 28,30 \text{ mp}$

**Total suprafața/ziduri = 69,64 mp**

## Calculul încărcărilor și a forțelor axiale pe pereții structurali

Caracteristici geometrice :

– Aria construită pe nivel parter :  $A_{\text{niv parter}} = 398,03 \text{ mp}$

– Aria construită pe nivel demisol :  $A_{\text{niv demisol}} = 183,24 \text{ mp}$

– Aria construită desfășurată :  $A_{\text{const desf}} = 981,00 \text{ mp}$

– Aria estimată a zidăriei în plan pe nivel parter :

$$A_{\text{zid niv}} = 128,96 - 8,53 = 120,44 \text{ mp}$$

– Volumul zidăriei pe nivel parter (s-au scăzut golurile de uși și ferestre)

$$V_{\text{zid nivel parter}} = 120,44 \times 4,17 = 502,23 \text{ mc}$$

– Înălțime nivel :  $h_{\text{nivel}} = 4,17 \text{ m}$  / parter și  $2,85 \text{ m}$  / demisol și  $3,38 \text{ m}$  / etaj

– Înălțime coamă clădire  $h = 17,15 \text{ m}$  / zona curentă

Date referitoare la zidărie :

Elemente pline din argilă arsă ( $\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$ )

Rezistența medie la compresiune a elementelor  $7,5 \text{ N/mm}^2$ , ( $7500 \text{ kN/m}^2$ )

Mortar de var - ciment M 5 ( $2000 \text{ kN/m}^2$ )

Tencuială pe ambele fețe  $2,5 \text{ cm}$ .

Greutate totală :  $2 \times 0,025 \times 20 = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Greutate perete tencuit pe  $\text{m}^2$  :

– Perete  $t = 80 \text{ cm}$  :  $0,80 \times 18,0 + 1,0 = 15,2 \text{ kN/m}^2$

– Perete  $t = 70 \text{ cm}$  :  $0,70 \times 18,0 + 1,0 = 13,3 \text{ kN/m}^2$

– Perete  $t = 40 \text{ cm}$  :  $0,40 \times 18,0 + 1,0 = 7,6 \text{ kN/m}^2$

Greutatea de proiectare a nivelului :

– Greutatea volumetrică a zidăriei  $\gamma_{\text{zid}} = 1,1 \times 18 \text{ kN/m}^3 = 19,80 \text{ kN/mc}$

– Greutatea zidăriei pe nivel  $G_{\text{zid/niv}} = 19,8 \times 502,23 = 9944,15 \text{ kN}$

– Greutatea unitară a planșeului peste demisol și parter ( $q_{\text{pl 1}}$ )

– planșeu bolți de cărămidă  $4,65 \text{ kN/m}^2$

– pardoseala  $0,50 \text{ kN/m}^2$

– încărcare utilă :  $0,3 \times 1,5$   $0,45 \text{ kN/m}^2$

$5,60 \text{ kN/m}^2$

– Greutate unitară a planșeului peste parter :

$$G_{\text{pl,1}} = A_{\text{niv}} \times q_{\text{pl 1}} = 331,39 \times 5,60 = 1.855,80 \text{ kN}$$

- Greutate unitară a planșeului peste etaj ( $q_{pl2}$ )
  - planșeulemn  $h_p=25$  cm  $1,48 \text{ kN/m}^2$
  - șarpanta + învelitoare  $0,40 \text{ kN/m}^2$
  - încărcare utilă :  $0,3 \times 1,0$   $0,30 \text{ kN/m}^2$
  - $2,18 \text{ kN/m}^2$

- Greutate de proiectare a planșeului peste etaj :  
 $G_{pl,2} = A_{niv} \times q_{pl,2} = 398,03 \times 2,18 = 867,7 \text{ kN}$

- Greutatea nivelelor pentru calculul forței seismice echivalente :

Forțele seismice se calculează pentru nivelul : parter

$$G_1 = 0,5 \times (G_{\text{zidărie niv.1}} + G_{\text{zidărie niv.2}} + G_{\text{zidărie niv.3}}) + G_{pl,1}$$

$$G_1 = 2 \times 0,5 \times 9944,15 + (69,64 - 9,86) \times 3,38 \times 19,8 = 9944,15 + 4000,8 + 867,7 = 812,65 \text{ kN}$$

$$q = (G_{\text{zid,1}} + G_{pl,2}) / A_{niv} = (9944,15 + 867,7) / 398,03 = 27,16 \text{ kN/m}^2$$

Verificarea preliminară prin calcul prin metodologia de nivel 1 :

Potrivit P100-3/2019, coeficientul  $R_3$  reprezintă gradul de asigurare seismică a clădirii, exprimat prin capacitatea de rezistență a structurii și se determină cu relația :

$R_3 = V_{adm} / V_m$ , în care  $V_m$  reprezintă efortul tangential mediu în elementele structurale verticale (pereți), iar  $V_{adm}$  este valoarea de referință admisibilă a efortului unitar tangențial în elementele structurale verticale:

Conform P100-3/2013, anexa D, formula (D.9) :

$$V_{adm} = \frac{1,33 \times \tau_k}{CF \times \gamma_M} \sqrt{1 + \sigma \times \frac{CF \times \gamma_M}{2 \times \tau_k}}, \text{ în care}$$

$\tau_k$  reprezintă valoarea de referință a capacității de rezistență la forța tăietoare a zidăriei cu elemente din argilă arsă, care se ia egală cu  $0,12 \text{ N/mm}^2$  ( $12,00 \text{ t/m}^2$ ) pentru zidărie cu mortar de ciment.

$\sigma_o$  reprezintă valoarea efortului unitar mediu de compresiune perpendicular pe direcția forței tăietoare în element, la nivelul considerat, determinat din gruparea de încărcări de proiectare, calculat cu formula :

$$\begin{aligned} \sigma_o &= n_{niv} \times q_{niv} \times A_{niv} / A_{zx} + A_{zy} \\ &= 3 \times 27,16 \times 398,03 / 72,29 + 48,15 = 268,82 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Rezultă :

$$V_{adm} = \frac{1,33 \times 120}{1,35 \times 2,3} \sqrt{1 + 268,82 \times \frac{1,35 \times 2,3}{2 \times 120}} = 108,45 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{adm} = 10,845 \text{ t/m}^2$$

Conform P100-3/2019, cap. 6.6. formula (6.3.):

$$V_m = \frac{Fb}{Ac} \text{ în care}$$

$A_c$  – este suma ariilor pereților dispuși în direcția în care se face calculul

$A_{c,L} = 72,29 \text{ mp}$  – aria pereților pe direcția longitudinală

$A_{c,T} = 48,15 \text{ mp}$  – aria pereților pe direcția transversală

$F_b$  – reprezintă forța tăietoare de bază (forța seismică totală) corespunzătoare modului propriu fundamental de vibrație, determinată conform prevederilor P100-1/2013, cu metoda forțelor laterale statice echivalente.

Conform P100-1/2013, cap. 4.5.3.2., formula (4.3.) :

$F_b = \gamma_1 \times S_d(T_1) \times \lambda \times m \times \eta$ , în care :

$m = G / g = 1481,26 \text{ t} / g$ , este masa totală

$c = \gamma_1 \times S_d(T_1) \times \lambda \times \eta$ , este coeficientul seismic, în care :

$\gamma_1 = 1,2$  reprezintă factorul de importanță – expunere al construcției, potrivit P100-1/2013, tabel 4.2.

$S_d(T_1) = ag \times \beta(T_1) / q$ , reprezintă ordonata spectrului de răspuns inelastic al accelerațiilor absolute corespunzătoare perioadei fundamentale  $T_1$ , în care  $ag = 0,20 g$  (Craiova).

$\beta(T_1) = \beta_0 = 2,5$ , deoarece  $T_1 = k_t \times H^{3/4} = 0,105 \text{ s}$  se situează între  $T_b = 0,07 \text{ s}$  și  $T_c = 0,7 \text{ s}$  ( $k_t = 0,045$ ),  $q = 1,5$ , reprezintă valoarea factorului de comportare, conform P100-3/2019, anexa D.3.3.1.1. par.(5)

$S_d(T_1) = 0,20g \times 2,5 / 1,5 = 0,333 g$ .

$\lambda = 0,85$  (clădire cu  $u_{niv} \geq 2$ ) reprezintă factorul de care ține seama de contribuția modului propriu fundamental prin masa modală efectivă asociată acesteia.

$\eta = 0,88$ , potrivit P100-1/2013, anexa A, pct.5 corespunzător fracțiunii din amortizare critică de 8 %.

Rezultă :

$c = 1,2 \times 0,333g \times 0,85 \times 0,88 = 0,299 g$

$F_b = 0,299g \times 1481,26/g = 442,90 \text{ t}$

Astfel efortul tangențial mediu în pereți importanți pe cele două direcții :

$V_{m,L} = F_b / A_{c,L} = 442,90 / 72,29 = 6,12 \text{ t/m}^2$

$V_{m,T} = F_b / A_{c,T} = 442,90 / 48,15 = 9,20 \text{ t/m}^2$

În final :

$R_{3L} = V_{adm} / V_{m,L} = 10,845 / 6,12 = 1,77$

$R_{3T} = V_{adm} / V_{m,T} = 10,845 / 9,20 = 1,18$

### Concluzii :

Gradul de asigurare obținut prin calcul cu metodologia de nivel 1 este :

$R_{3T} = 118 \%$  pentru pereții transversali și  $R_{3L} > 100 \% = 177 \%$  pentru pereții longitudinali. Aceasta corespunde încadrării clădirii în clasa de risc seismic **Rs IV**.

Încadrarea finală a clădirii în clasă de risc seismic, după intervenții :

Pe baza indicatorilor  $R_1$  și  $R_2$  recalculați pe varianta consolidată a structurii de rezistență, clădirea se încadrează în clasa de risc seismic  $R_s$  IV. Clădirile încadrate în clasa de risc seismic  $R_s$  IV sunt construcții la care răspunsul seismic așteptat sub efectul cutremurului de proiectare, corespunzătoare SLU, este apropiat sau similar celui așteptat pentru clădirile proiectate pe baza reglementărilor tehnice în vigoare.

Întocmit

Dr.ing.Szekeres - Balogh Gerő Jenő