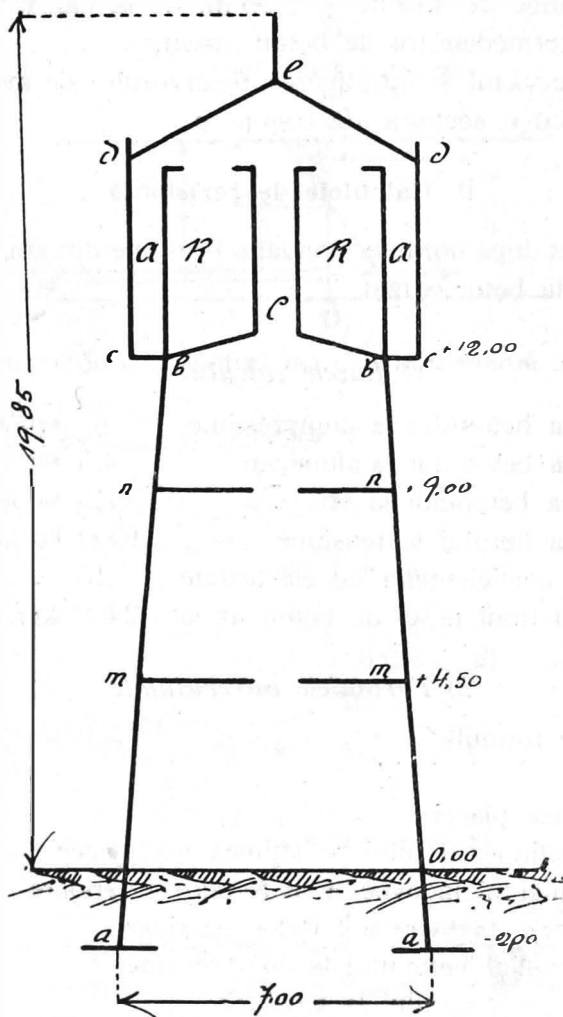


Castel de apă în beton armat

cu rezervor de 60 m. c.

Pentru serviciul alimentării locomotivelor în gara de triaj de la stațiunea Palas, s'a construit un castel de apă de beton armat cu rezervor tot de beton armat având o capacitate de 60 m. c. (pl. II).



Această lucrare a fost executată în campania anului 1907 de întreprinderea I. Silberberg și M. Finkels.

Construcțiunea are o formă octogonală cu o înălțime totală de 19.85 m. și diametrul maximum la bază de 7 m.

Scheletul clădirii constă din 8 stâlpi de beton armat având o fundație tot de beton armat de 2 m. adâncime și ridicându-se până la 12 m. deasupra pământului; la această înălțime ei sunt legați cu un cadru b și fiecare din ei poartă o consolă bc . Pe cadru se află așezat fundul rezervorului R iar pe extremitățile consolelor se razămă peretele exterior cd ; între acest perete și rezervor rămâne o cameră de aer A .

Peretele exterior se termină la rândul său la partea superioară cu un cadru d care susține acoperișul de al castelului.

La înălțimile de 4.50 m. și 9.00 m. de la pământ se află câte un planșeu intermediar tot de beton armat.

Pentru serviciul și întreținerea rezervorului s'a menajat în axul lui un cămin cu o secțiune de 0.80 m. p.

II. Calculele de rezistență

S'au făcut după normele circulației Prusiane din anul 1905 pentru construcțiuni de beton armat.

1) Bazele calculului

Rezistența betonului la compresiune	35 kgr./cm. ²
Rezistența betonului la alunecare	4,5 kgr./cm. ²
Adesiunea betonului la fier	7,5 kgr./cm. ²
Rezistența fierului la tensiune	1000 kgr./cm. ²
Raportul coeficiențelor de elasticitate	15
Greutatea unui m. c. de beton armat	2400 kgr.

2) Formulele întrebuințate

In aceste formule

$$n = 15$$

b = lățimea plăci

Sf = Secțiunea fierului pe lățimea b a plăci

M = Momentul încovoetor al forțelor exterioare

T = Puterea tăetoare a forțelor exterioare

σ_b = Travaliul betonului la compresiune

σ_f = „ fierului la tensiune

T_1 = „ betonului la alunecare

T_2 = Adesiunea betonului la fier

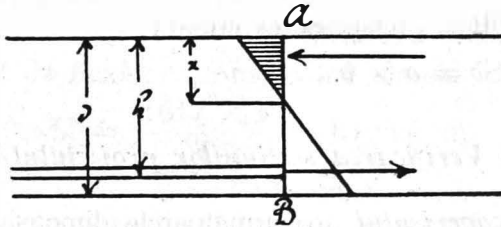
a) Pentru verificarea plăcilor

$$x = \frac{n S f}{b} \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 b h}{n S f}} \right]$$

$$\sigma_b = \frac{2 M}{b x \left(h - \frac{x}{3} \right)} \quad \sigma_f = \frac{M}{S f \left(h - \frac{x}{3} \right)}$$

$$T_1 = \frac{T}{b \left(h - \frac{x}{3} \right)}$$

$$T_2 = \frac{b T_1}{\text{Supraf. ext. a fierului}}$$



În cazul a două armături nu s'a ținut seamă de compresiunea armăturii superioare.

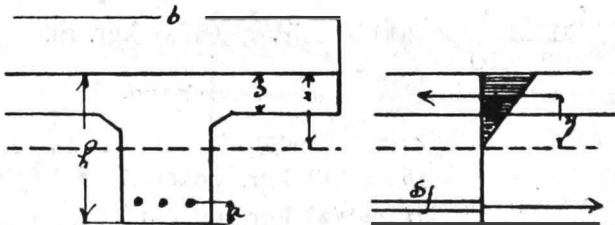
b) Pentru verificarea grinzilor T:

$$x = \frac{(h-a) n S f + \frac{b d^2}{2}}{n S f + b d}$$

$$y = x - \frac{d}{2} + \frac{d^2}{6(2x - d)}$$

$$\sigma_f = \frac{M}{S f (h - a + y - x)}$$

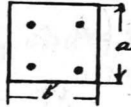
$$\sigma_b = \sigma_f \times \frac{x}{n(h - a - x)}$$



c) Pentru verificarea stâlpilor supuși la eforturi axiale :

$$\sigma_b = \frac{P}{Sb + nSf}$$

$$\sigma_f = \frac{P}{Sf + \frac{Sb}{n}}$$



în care :

P = presiunea exterioară

$$Sb = a \times b.$$

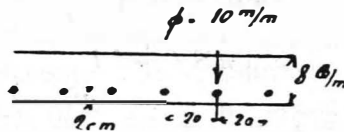
3) Verificarea secțiunilor proiectului

a) Placa acoperișului are următoarele dimensiuni :

Grosime 8 cm.

Deschidere 2,50 m.

Fiare de 10 mm. depărtate de 20 cm. $Sf = 3,93 \text{ cm.}^2$



Incărcări : Greutate proprie $0.08 \text{ m.} \times 2400 \text{ kgr.} = 192 \text{ kgr.}$

Vânt și zăpadă $\frac{108}{\text{''}}$

Incărcare totală . . . 300 kgr./m.²

Vom avea momentul de flexiune, considerând semi-incastare :

$$M = \frac{1}{10} \times 300 \times 2.5^2 = 187.5 \text{ kgr. m.}$$

atunci :

$$x = 2.14 \text{ cm.}$$

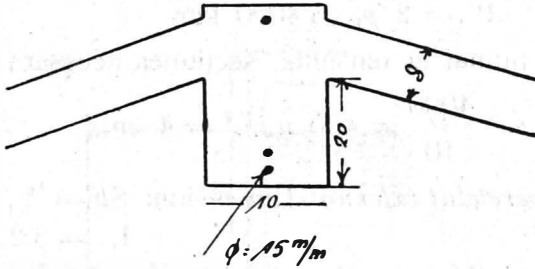
$$\sigma_b = 33 \text{ kgr. pe cm.}^2$$

$$\sigma_f = 900 \text{ kgr. pe cm.}^2$$

b) Grinda acoperișului are următoarele dimensiuni:

$$S_b = 10 \times 20 \text{ cm.} \quad L = 4.00 \text{ m.}$$

$$2 \text{ Fiare de } 15 \text{ mm. diametru } S_f = 3.53 \text{ cm.}^2$$



Incărcări : Greutate proprie $\frac{10 \times 20 \times 400 \times 2400}{1.000.000} = 192 \text{ kgr.}$
 din plăci $300 \times 1.25 \times 3,8 = 1425 \text{ „}$
 Incărcare totală 1617 kgr.

Momentul de flexiune, considerând simplă rezemare:

$$M = \frac{1617 \times 4}{8} = 810 \text{ kg. m.}$$

iar

$$x = 4.62 \text{ cm.}$$

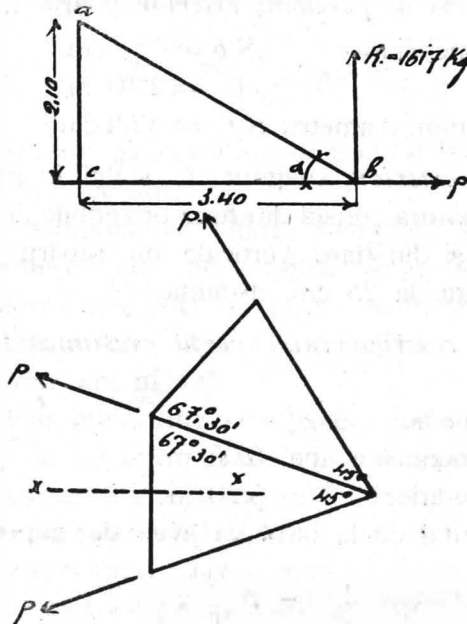
$$\sigma_f = 1000 \text{ kgr./cm.}^2$$

$$\sigma_b = 15.6 \text{ kgr./cm.}^2$$

c) Grinzi la margine au următoarele dimensiuni:

$$S_b = 15 \times 30 \text{ cm.} \quad L = 2.70 \text{ m.}$$

$$3 \text{ fiare de } 15 \text{ mm. diametru} \quad S_f = 5.3 \text{ cm.}^2$$



Avem :
$$p = 1617 \times \frac{1}{tga} = \frac{1617 \times 3.4}{2,1} = 2620 \text{ kgr.}$$

$$p_i = 2 p \cdot \sin 22^\circ 30' = 2000 \text{ kgr.}$$

$$P = 2 p_i = 4000 \text{ kgr.}$$

Lucrând numai la tensiune, secțiunea necesară a fierului ar fi :

$$\frac{4000}{10} = 400 \text{ mm.}^2 = 4 \text{ cm.}^2$$

d) Stâlpul peretelui exterior. Dimensiuni $S_b = 15/18 \text{ cm.}$

$$L = 3.25 \text{ m.}$$

4 fiare de 15 mm. diametru, $S_f = 7.07 \text{ cm.}^2$

Incărcări : din grinda acoperișului	1617 kgr.
„ de margine	390 „
„ pereți intermediari	1895 „
greutate proprie $0.15 \times 0.18 \times 3.25 \times 2400 =$	<u>210 „</u>
Incărcare totală	4112 kgr.

$$\sigma_b = \frac{4112}{270 + 15 \times 7.07} = 10.9 \text{ kgr./cm.}^2$$

$$\sigma_f = \frac{4112}{7.07 + \frac{270}{15}} = 164 \text{ kgr./cm.}^2$$

e) Cadrul de jos al peretelui exterior poartă greutatea proprie :

Dimensiuni : $S_b = 8/20 \text{ cm.}$

$$L = 2.10 \text{ m.}$$

2 fiare de 15 mm. diametru $S_f = 3.53 \text{ cm.}^2$

f) Peretele exterior, susținut de stâlpi intermediari. Grosime medie 9 cm. Armătura constă din fiare orizontale de 8 cm. așezate la 20 cm. distanță și din fiare verticale de repartiție având 8 mm. diametru și așezate la 25 cm. distanță.

g) Peretele rezervorului suportă presiunea laterală a apei.

Dimensiuni :

Grosimea medie 9 c. m.

Înălțimea maximă a apei 3.05 m.

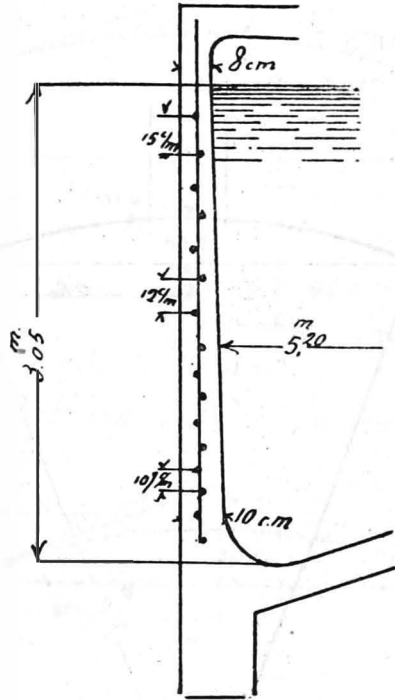
Diametrul interior 5.20 m.

Inelul orizontal de la basă va avea de suportat pe înălțime

de 10 c. m. o tensiune de $t = p \frac{D}{2}$

în care

$$p = \frac{1}{2} \times 1000 (h^2 - h'^2) = 500 (3.05^2 - 2.95^2) = 300 \text{ kg.}$$



atunci

$$t = 300 \times \frac{5.20}{2} = 780 \text{ kg.}$$

Un fier de 10 mm. diametru are secțiune 0.785 cm.^2 ; travaliul în fier va fi 1000 kgr. pe cm.^2

Armătura se compune din fiare orizontale cu diametrul de 10 mm. distanțate la 10 cm. pe treimea de jos a rezervorului, la 12 cm. pe treimea mijlocie și la 15 cm. pe cea superioară. Armătura verticală de repartiție e formată din fiare de 10 mm. diametru depărtate la 10 cm. din axă în axă.

Peretele circular interior cu o grosime medie de 9 cm. e armat cu fiare orizontale de 10 mm. așezate la aceleași distanțe, ca în peretele exterior, iar armătura de repartiție e compusă din fiare de 8 mm. diametru depărtate la 10 cm. din axă în axă.

h) Fundul rezervorului este o calotă sferică cu grosime variând de la 14 cm. spre ax până la 20 cm. lângă peretele exterior.

Incărcări :

Greutate proprie $2 \times 3.14 \times 7.11 \times 0.5 \times 0.17 \times 2400 = 9100 \text{ kg.}$

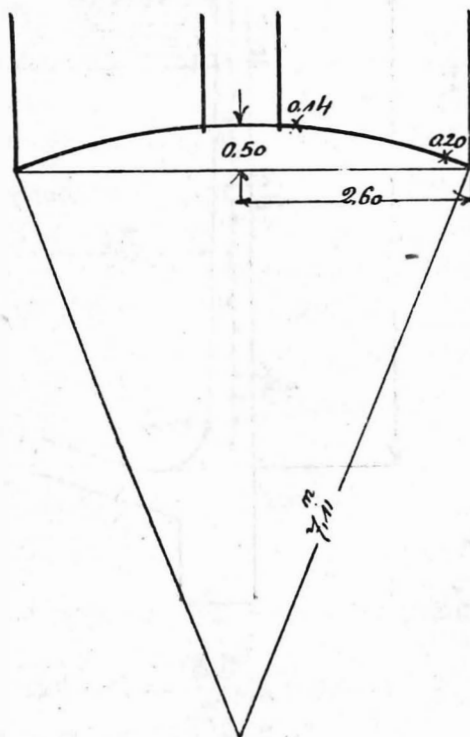
Greutatea căminului $3.14 \times 0.9 \times 3.3 \times 0.9 \times 2400 = 2014$

Apa :

60000

Incărcare totală, rotund

72000 kg.



Tensiunea în centura de la baza rezervorului.

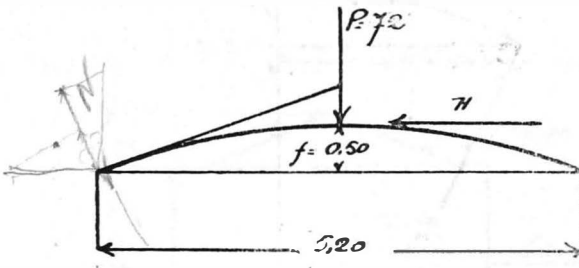
$$H = \frac{Pr}{3f} = \frac{72000 \times 2,60}{3 \times 0,5} = 125000 \text{ kg.}$$

$$T = \frac{125000}{2\pi} = 19900 \text{ kg.}$$

Centura e compusă din 4 fiare de 30 mm. diametru având o secțiune de 28.28 cm^2 . Trăvialul în fier este

$$\frac{19900}{28.28} = 700 \text{ kgr./cm.}^2$$

i) Verificarea inelului de la baza calotei.

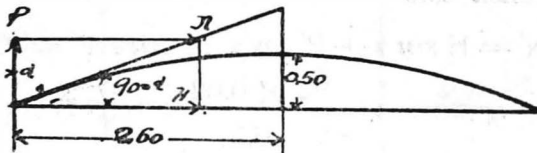


Compresiunea este

$$N = H \sin \alpha + P \cos \alpha.$$

$$\operatorname{tg} (90 - \alpha) = \frac{2 \times 0.5}{2.6} = 0.385$$

$$\alpha = 68^{\circ}57' \quad \sin \alpha = 0.359 \quad \cos \alpha = 0.933.$$



atunci

$$N = 125000 \text{ kg.} \times 0.359 + 72000 \text{ kg.} \times 0.933 = 112000 \text{ kg.}$$

Lungimea circumferinței fiind $3.14 \times 5.24 \text{ m.} = 16.24 \text{ m.}$ și fielele radiale ale armăturii fiind depărtate la 21 cm. la extremitatea lor, avem în total

$$\frac{1650}{21} = 80 \text{ bucăți cu un diametru de } 18 \text{ mm.};$$

$$\text{avem deci } S_b = 20 \times 21 = 420 \text{ cm.}^2 \text{ și } S_f = 2.54 \text{ cm.}^2$$

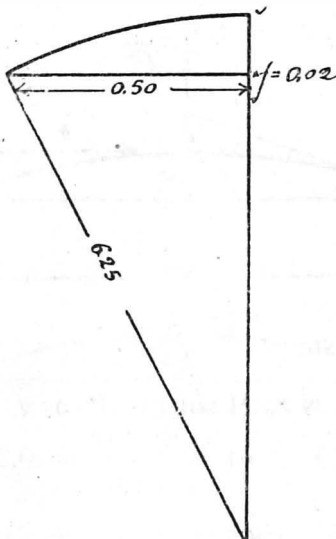
$$\text{Fie-cărei bare îi revine } \frac{112000}{80} = 1400 \text{ kg.}$$

asa dar

$$\sigma_b = \frac{1400}{420 + 15 \times 2.54} = 3 \text{ kgr./cm.}^2$$

$$\sigma_f = \frac{1400}{2.54 + \frac{420}{15}} = 45 \text{ kgr./cm.}^2$$

k) Verificarea inelului superior al calotei.



Compresiunea este

$$N' = H \sin \alpha + P' \cos \alpha \text{ în care } P' = 0.$$

$$\operatorname{tg}(90 - \alpha) = \frac{2 \times 0.02}{0.5} = 0.08^*).$$

$$\alpha = 85^\circ 20' \quad \sin \alpha = 0.997$$

atunci

$$N' = 125000 \text{ kgr.} \times 0.997 = 124500 \text{ kgr.}$$

În dreptul inelului superior avem 40 buc. bare radiale; deci unei bare îi revine.

$$\frac{124500}{40} = 3100 \text{ kgr.}$$

pe lângă aceasta avem:

$$Sb = \frac{3.14 \text{ m.}}{40} \times 14 \text{ cm.} = 112 \text{ cm.}^2$$

$$Sf = \frac{1}{18} \varphi = 2.54 \text{ cm.}^2$$

deci

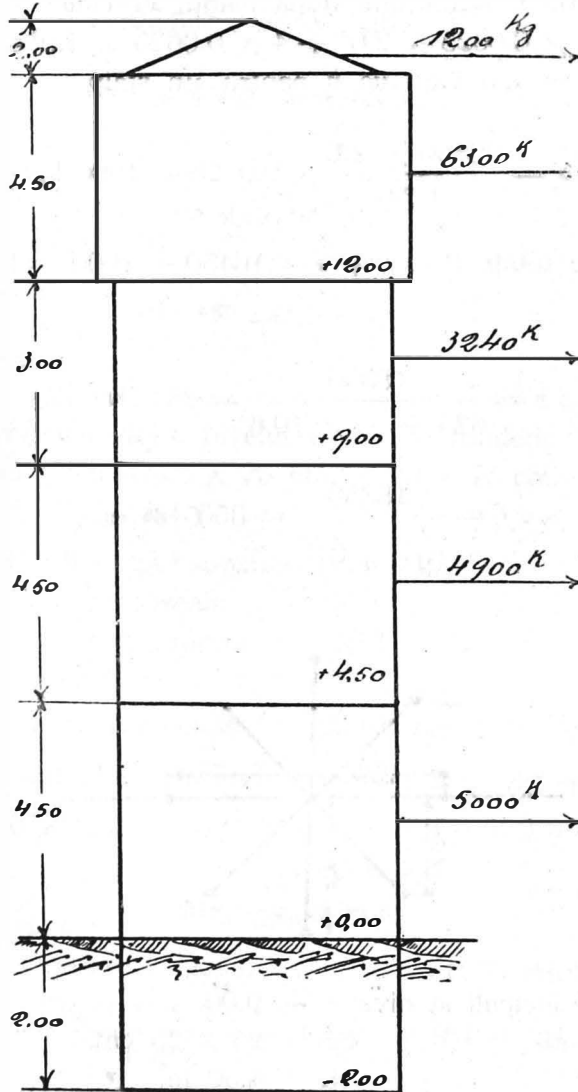
$$\sigma b = \frac{3100}{112 + 15 \times 2.54} = 20 \text{ kgr. pe cm.}^2$$

$$\sigma f = 300 \text{ kgr. pe cm.}^2.$$

Nota. *) $0,5^2 = f(12,5 - f)$ de unde $f = 0,02$

1) Verificarea stâlpilor principali.

La nivelul +12.00.

Dimensiuni $S_b = 25 \times 25$ cm.Înălțimea stâlpului $L = 3.00$ m.6 fiare de 15 mm. diametru $S_f = 10.6$ cm.²

Încărcări : din rezervor $\frac{72000}{8} = 9000$ kgr.

din peretele exterior	1640	„
din console	4200	„
greutate proprie	1610	„
Încărcare totală	<u>16450</u>	„

Trebue să ținem socoteală de suplimentul de presiune datorit acțiunii vântului. S'a luat presiunea vântului de 200 kgr. pe m².

Momentul de răsturnare este :

$$M = 1200 \times 5.20 + 6300 \times 2.25 = 20450 \text{ kgr. m.}$$

Momentul de stabilitate după planul xx este

$$Mr = 2 \times 0.0625 \times 2.6^2 + 4 \times 0.0625 \times 1.9^2 = 1.74 \text{ m}^4.$$

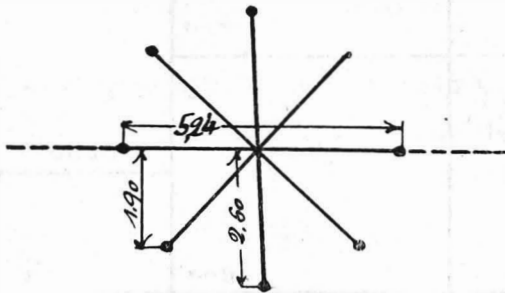
atunci încărcarea din vânt va fi pentru un stâlp

$$\pi = \frac{20450 \times 2.6}{1.74} \times 0.0625 = 1900 \text{ kgr.}$$

Presiune totală $P = p + \pi = 16450 + 1900 = 18350 \text{ kgr.}$
de unde

$$\sigma_b = \frac{18350}{625 + 15 \times 10.6} = 23.3 \text{ kgr./cm.}^2$$

$$\sigma_f = -\frac{18350}{10.6 + \frac{625}{15}} = 350 \text{ kgr./cm.}^2$$



Stâlpii principali la nivelul + 9.00.

Dimensiuni : $S_b = 25 \times 25 \text{ cm.}$

$L = 4.50 \text{ m.}$

$S_f = \frac{6}{15} \varphi = 10.6 \text{ cm. } 2.$

Incărcări : din stâlpul superior 16450 kgr.

din pardoseala intermediară 1100 „

greutate proprie 1675 „

perete 1540 „

Incărcare totală 19765 kgr.

Urmând ca mai sus avem :

$$M = 3240 \times 1.5 + 6300 \times 5.25 + 1200 \times 8.2 = 47750 \text{ kg. m.}$$

$$Mr = 1.74 \text{ m.}^4$$

$$\pi = \frac{47750 \times 2.6}{1.74} \times 0,0625 = 4500 \text{ kgr.}$$

$$P = p + \pi = 19765 + 4500 = 24265 \text{ kgr.}$$

de unde

$$\sigma b = \frac{24265}{625 + 15 \times 10.6} = 30.9 \text{ kgr./cm.}^2$$

$$\sigma f = \frac{24265}{10.6 + \frac{625}{15}} = 464 \text{ kgr./cm.}^2$$

Stâlpi principali între nivelul + 4.50 și fundație

Dimensiuni: $Sb = 25 \times 25 \text{ cm.} - 25 \times 75 \text{ cm.}$

$$L = 6.10.$$

Incărcări: din stâlpul superior 19765 kgr.

din pardoseală 1100 „

greutate proprie 2500 „

perete 1930 „

Incărcare totală 25295 kgr.

Incărcarea din vânt, făcându-se analiza la nivelul + 4.50 ne dă :

$$M = 4900 \times 2.25 + 3240 \times 6.00 + 6300 \times 9.75 + 1200 \times 12.67 = 108100 \text{ kgr.}$$

$$Mr = 4.38 \text{ m.}^4$$

Secțiunea medie a stâlpului este $Sf = 1575 \text{ cm.}^2$

$$\pi = \frac{108100 \times 2.6}{4.38} \times 0.1575 = 10100 \text{ kgr.}$$

$$P = p + \pi = 25295 + 10100 = 35395 \text{ kgr.}$$

$$\sigma b = \frac{35395}{1575 + 15 \times 10.6} = 20.4 \text{ kgr./cm.}^2$$

$$\sigma f = \frac{35395}{10.6 + \frac{1575}{15}} = 306 \text{ kgr./cm.}^2$$

Presiunea pe terenul de fundație

Încărcări din stâlpii principali	$25295 \times 8 = 202360$ kgr.
greutatea tălpei	13800 „
Încărcarea totală	216160 kgr.

Suprafața tălpei este de 22 m.² presiunea pe teren din greutatea castelului va fi :

$$p_1 = \frac{216160}{220000} = 1 \text{ kgr./cm.}^2$$

La aceasta se adaugă presiunea din vânt :

$$M_2 = 230000 \text{ kg. m.}$$

$$Mr = 0.6381 (3.2^4 - 2.2^4) = 50 \text{ m.}^4$$

Presiunea maximă pe teren din efectul vântului va fi

$$p_2 = \frac{230000 \times 3.20}{50} = 1.5 \text{ kgr./cm.}^2$$

deci

$$= p_{max} = p_1 + p_2 = 2.5 \text{ kgr./cm.}^2$$

III Materialele întrebuințate și costul lucrării

S'a întrebuințat : nisip de Dunăre, ciuruit prin sită având 220 ochiuri pe cm.²

Pietriș de Dunăre având între 5 și 25 mm.

Oțel moale cu o rezistență între 35—40 kgr. și o lungire de 20%.

Ciment din fabrica Cernavoda.

Mortarul întrebuințat la betonul armat și la tencuelile exterioare se compune din 600 kgr. ciment la 1 m. c. nisip, la tencuiala interioară a rezervorului s'a pus mortar în proporție de $\frac{1}{1}$.

Betonul se compune din 0.600 m. c. mortar la 1 m. c. pietriș.

Lucrarea a costat aproximativ 16 000 lei, cost în care se cuprinde întreaga clădire, afară de țevăria necesară.

Ștefan Mateescu

Inginer

Serviciul Podurilor C. F. R.