

CALCULUL OPERATIV AL REACȚIUNILOR, EFORTURILOR INTERNE ȘI DEPLASĂRILOR ELASTICE INIȚIALE LA TURNUL NEROTITOR AL MACARALEI ANCORATE

Victor Beleuța, drd

Universitatea Tehnică a Moldovei

INTRODUCERE

Practica construcțiilor urbane locative, cu destinație socială sau administrativă, caracterizată prin înălțimea mare a clădirilor, ne-a demonstrat faptul, că cele mai eficiente pentru aceste scopuri, sunt macaralele cu turn nerotitor ancorabil la clădirea construită.

După cum se știe, ancorarea la clădire ne oferă posibilitatea diminuării considerabile a efectelor încovoietoare asupra turnului, cauzate de către solicitările secundare ca acțiunea vântului și forțele orizontale de inerție, care în cazul macaralelor înalte neancorate, le pot depăși pe cele principale, generate de către greutatea sarcinii ridicate.

Deoarece, la acest tip de macarale, turnul este partea cea mai masivă și voluminoasă, iar de parametrii săi de ancorare depind eforturile transmise asupra clădirii construite, este incontestabilă importanța proiectării optime a acestei structuri. Acest proces necesită efectuarea mai multor calcule de verificare pentru mai multe variante ale parametrilor dimensionali.

Ținând cont de faptul, că turnul cu două ancoraje (cel mai utilizat în cazul clădirilor cu înălțime de 50...100 metri), constituie o structură dublu static nedeterminată, ceea ce evident mărește volumul și complexitatea calculelor tradiționale, apare problema elaborării unor noi relații de calcul, mai succinte și mai simple pentru utilizator.

1. FORMULAREA PRINCIPALEI IPOTEZE DE CALCUL ȘI PROBLEMEI PUSE SPRE REZOLVARE

Conform recomandărilor din sursele [1] și [2], structura reală zăbreliată a turnului (fig.1), se poate reduce la o grindă simplă echivalentă (fig.2), parametrii geometrici ai secțiunii căreia și zveltețea s-ar calcula prin relațiile:

$$I = I' \cdot k_1 ; \quad W = W' \cdot k_2 ;$$

$$i = i' \cdot k_3 ; \quad \lambda = \lambda' \cdot k_4 ;$$

unde: I', W', i' și λ' - respectiv momentul de inerție, modulul de rezistență, raza de inerție și zveltețea turnului, calculate reieșind din ariile secțiunilor lonjeroanelor în raport cu axa centrală a turnului;

k_1, k_2, k_3 și k_4 - coeficienții de echivalare cu structura reală, care țin cont de influența diagonalelor.

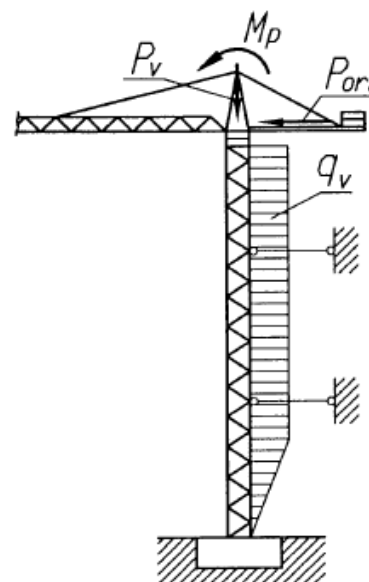


Figura 1.

Pentru simplitate, încărcările reale conform fig.1 se pot reduce la trei încărcări discrete la vârful turnului, conform schemei din fig.2, echivalate prin relațiile:

$$M = M_p ;$$

$$P = P_v ;$$

$$Q = f(P_{or}, q_v) ;$$

în care: M, P și Q - momentul, forța longitudinală și forța transversală, reduse la vârful turnului;

M_p, P_v și P_{or} - momentul încovoietor, forțele verticală și orizontală transmise de către partea rotitoare;

q_v - acțiunea repartizată a vântului.

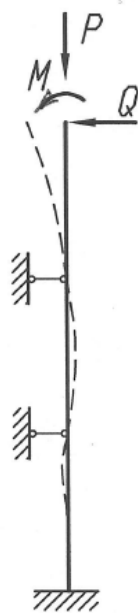


Figura 2.

În cele ce urmează, se vor expune modalitățile de obținere a unor relații de calcul pentru cazul acțiunii momentului M și forței transversale Q . De asemenea, inițial oricum nu se pot lua în calcul efectele de ordin II, care implicit sunt funcții de deplasările primare. Astfel putem exclude forța P_v ceea ce va simplifica cercetarea (vezi fig.3).

Scopul prezentei lucrări este găsirea soluțiilor de calcul operativ al stărilor de solicitare și deplasărilor elastice primare la structura turnului.

2. ANALIZA RELAȚIILOR DE CALCUL ALE DEPLASĂRILOR ELASTICE ȘI FACTORILOR INTERNI, DISPONIBILE ȘI OBȚINEREA CELOR NOI

Separăm imaginar porțiunea superioară CD de restul grinzii și o examinăm ca pe o consolă încastrată în punctul C (vezi fig.3). La o astfel de structură, există relații directe de calcul pentru fiecare încărcare în parte (vezi [3], [4], [5] s.a.). Astfel în baza principiului independenței acțiunii forțelor, ținând cont de rotirea secțiunii în reazemul C , săgeata absolută în punctul D constituie:

$$f_D = \frac{Mc^2}{2EI} + \frac{Qc^3}{3EI} + c \cdot \sin \theta_C ;$$

unde: θ_C este unghiul de rotire a secțiunii în punctul C ; EI - rigiditatea turnului.

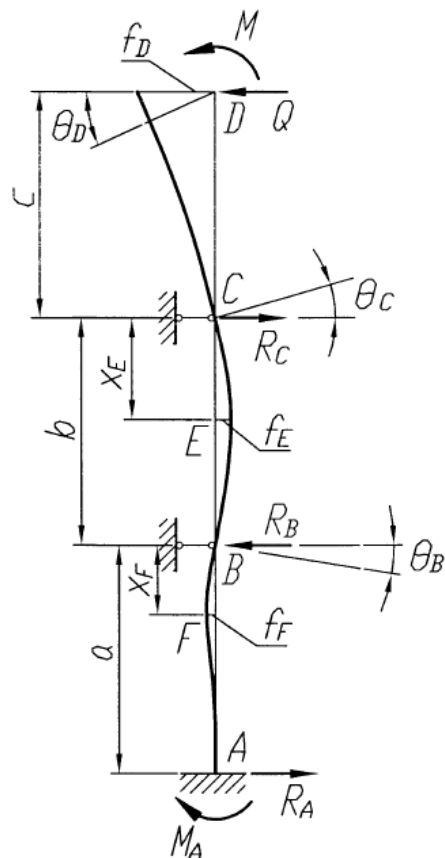


Figura 3.

Deoarece la deplasări mici $\sin \theta_C \approx \theta_C$ obținem relația:

$$f_D = \frac{Mc^2}{2EI} + \frac{Qc^3}{3EI} + c \cdot \theta_C ; \quad (1)$$

Momentul reactiv la încastrarea virtuală constituie:

$$M_C = M + Q \cdot c ;$$

Pentru porțiunile CB și BA examinate separat, există următoarele formule directe de calcul (vezi [3], [4], [5] s.a.):

$$\theta_B = \frac{M_C \cdot b}{6EI} - \frac{M_B \cdot b}{3EI} ; \quad (2)$$

$$\theta_B = \frac{M_B \cdot a}{4EI} ; \quad (3)$$

Ținând cont de continuitatea liniei neutre a grinzii, egalăm expresiile (2) și (3), și în rezultat obținem relația:

$$M_B = \frac{M_C \cdot b}{2b + 1,5a} ;$$

Introducând aici noțiunea „parametrului de ancorare”: $k = \frac{a}{b}$; iar apoi coeficientul:

$$\xi = \frac{1}{2+1,5k} \quad (4)$$

obținem formula:

$$M_B = M_C \cdot \xi. \quad (5)$$

Conform surselor menționate mai sus avem următoarea relație directă de calcul pentru unghiul de rotire a secțiunii în reazemul C :

$$\theta_C = \frac{M_C \cdot b}{3EI} - \frac{M_B \cdot b}{6EI};$$

Introducând aici expresia (5) obținem formula:

$$\theta_C = \frac{M_C \cdot b}{6EI} \cdot (2 - \xi); \quad (6)$$

Introducând această expresie în relația (1), obținem formula de calcul direct a deplasării elastice primare la vârful turnului (fără a fi necesară deschiderea nedeterminabilității statice):

$$f_D = \frac{Mc^2}{2EI} + \frac{Qc^3}{3EI} + \frac{M_C \cdot b \cdot c}{6EI} \cdot (2 - \xi); \quad (7)$$

Reieșind din condițiile de echilibru a porțiunii CB , reacțiunea în ancorajul C constituie:

$$R_C = \frac{M_C + M_B}{b} + Q;$$

substituind aici momentul M_B prin expresia (5), obținem:

$$R_C = \frac{M_C}{b} (1 + \xi) + Q; \quad (8)$$

Pentru determinarea săgeții de încovoiere pe porțiunea CB , analizăm separat această porțiune. Deoarece forța transversală Q acționează indirect, vom considera reacțiunea relativă:

$$R'_C = \frac{M_C}{b} (1 + \xi). \quad (9)$$

Reieșind din soluțiile ecuației diferențiale a liniei neutre deformată, constantele de integrare și condiția pentru determinarea coordonatei secțiunii

cu deplasare maximă, introducând coeficienții suplimentari

$$\psi = \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{1 - \xi(1 - \xi)}}{1 + \xi} \quad (10)$$

și

$$\gamma = -3\psi^2 + (1 + \xi) \cdot \psi^3 + (2 - \xi) \cdot \psi; \quad (11)$$

obținem formulele:

$$x_E = \psi b; \quad (12)$$

$$f_E = \gamma \cdot \frac{M_C \cdot b^2}{6EI}. \quad (13)$$

Prin operații analogice celor expuse mai sus, se obțin și restul formulelor necesare calculului practice:

$$R_B = \frac{M_C}{b} (1 + \xi) + \frac{M_C}{a} \cdot 1,5\xi; \quad (14)$$

$$R_A = \frac{3M_C \cdot \xi}{2a}; \quad (15)$$

$$M_A = \frac{1}{2} \cdot M_B = \frac{1}{2} M_C \cdot \xi; \quad (16)$$

$$f_F = \frac{M_C \cdot \xi a^2}{27EI}; \quad (17)$$

$$\theta_B = \frac{M_C \cdot \xi a}{4EI}; \quad (18)$$

$$\theta_D = \frac{M_C \cdot b}{6EI} \cdot (2 - \xi) + \frac{Mc}{EI} + \frac{Qc^2}{2EI}; \quad (19)$$

Conform surselor [3], [4], [5] s.a. avem relația:

$$x_F = \frac{a}{3}. \quad (20)$$

Recapitulând cele expuse mai sus, se constată obținerea unor relații de calcul comode pentru utilizare în cazul calculului preventive ale turnului ancorat. Pentru schema din fig.3 este suficient de a determina inițial M_C , k , ξ , ψ și γ (opțional valorile ultimelor trei se pot găsi și în tab.1), ca după aceasta să putem determina operativ și

independent oricare rezultat ce ne-ar putea interesa într-o fază sau alta a procesului stabilire a parametrilor turnului.

Tabelul 1. Variația coeficienților ξ , ψ și γ în funcție de coeficientul k .

k	ξ	ψ	γ
0,5	0,3636	0,3621	0,2639
0,55	0,3539	0,3640	0,2669
0,6	0,3448	0,3658	0,2698
0,65	0,3361	0,3675	0,2726
0,7	0,3278	0,3691	0,2752
0,75	0,32	0,3706	0,2777
0,8	0,3125	0,3721	0,2801
0,85	0,3053	0,3734	0,2824
0,9	0,2985	0,3747	0,2846
0,95	0,2919	0,3759	0,2867
1	0,2857	0,3771	0,2887
1,05	0,2797	0,3782	0,2907
1,1	0,2739	0,3793	0,2925
1,15	0,2684	0,3803	0,2943
1,2	0,2631	0,3812	0,2961
1,25	0,2580	0,3822	0,2977
1,3	0,2531	0,3831	0,2993
1,35	0,2484	0,3839	0,3009
1,4	0,2439	0,3847	0,3024
1,45	0,2395	0,3855	0,3038
1,5	0,2352	0,3862	0,3052
1,55	0,2312	0,3869	0,3065
1,6	0,2272	0,3876	0,3078
1,65	0,2234	0,3883	0,3091
1,7	0,2197	0,3889	0,3103
1,75	0,2162	0,3896	0,3115
1,8	0,2127	0,3901	0,3126
1,85	0,2094	0,3907	0,3137
1,9	0,2061	0,3913	0,3148
1,95	0,2030	0,3918	0,3158
2	0,2	0,3924	0,3169

În urma analizei parametrilor celor mai reprezentative macarale turn, pentru varianta montării cu două ancoraje, s-au constatat următoarele valori ale coeficientului $k=a/b$:

KB-573A ($H_0=99,3m$) $k=1,0891$
 KB-573A ($H_0=110,5m$) $k=0,8167$
 KB-573A ($H_0=133,8m$) $k=0,5439$
 MC 85B ($H_0=67m$) $k=1,91$
 MC 85B ($H_0=82m$) $k=0,955$
 MCT 88 ($H_0=67m$) $k=1,0687$
 MC 85B ($H_0=81,5m$) $k=1,5687$

După cum se vede, limitele practice de variație a coeficientului dat constituie $k=0,5...2$. Pentru

acest interval, în tab.1 sunt date valorile coeficienților ξ , ψ și γ .

Analizând aceste valori, observăm variația lentă a lor, ceea ce face posibilă utilizarea practică a datelor din acest tabel, fără a mai face interpolări.

3. CONSTATĂRI ȘI CONCLUZII

1. Formulele de calcul, obținute analitic păstrează intact gradul de precizie, existent la metodele tradiționale de calcul al grinzii echivalente. De asemenea, aceste relații sunt aplicabile pentru oricare valori ale parametrilor de intrare.

2. Formulele operează doar cu parametrii stabiliți inițial, ceea ce oferă posibilitatea alegerii selective a efectului studiat, precum și excluderea riscului transmiterii succesive a unor eventuale erori.

3. Simplitatea la utilizarea formulelor obținute, este importantă și în activitatea de exploatare, dând posibilitatea verificării operative, a datelor tehnice primite de la producători sau alți furnizori ai macaralelor.

4. Obținerea rezultatelor sub formă de expresii independente, dă posibilitatea includerii lor în relațiile analitice de calcul dinamic, sau în calcule de optimizare.

Bibliografie

1. Alămoreanu M., Tișea T. *Mașini de ridicat. vol.II, Editura tehnică, București, 2000*
2. Goxberg M.M. *Metallicheskie konstrukcii pod' yomno-transportnyx mashin M.: Mashinostroenie, 1976.*
3. Serensen S.V. (sub redacția) *Spravochnik mashinostroitelya. Moskva, Mashgiz, 1955.*
4. Fesik S.P. *Spravochnik po soprotivleniyu materialov. Kiev, Budivel'nik, 1972.*
5. Chernavskii S.A., Reshnikov V.F. (sub redacția) *Spravochnik metallista. M.: Mashinostroenie, 1976.*