

III. DIVERSE

EXTRASE DIN ZIARE STREINE

Turnu de 300^m de la expoziția universală din Paris ¹⁾

Introducție. Ideia unui turn de 300 m. nu e nouă ; un englez Trevithick în 1833, mai târziu americanii în 1874 pentru expoziția din Philadelphia, propuse ridicarea unui turn de 1000 picioare. Aceste proiecte erau de un aspect puțin decorativ, și se lăsau a fi criticate din multe puncte de vedere, ele fu cu totul abandonate, și nu se știa nimic de ele la începutul studiului turnului expozițiunei actuale.

Cel mai înalt monument până acuma câte-va luni era obeliscul lui Washington care are 183 m. înălțime

Adesea se aude zicându-se, și chiar de către ingineri, că nu e mai dificil a construi un turn de 300 m. de cât unu de 200, că dificultățile nu sunt mai mari când e vorba de 400 în loc de 300. Aceasta este cu totul eronat, și or-cine este condus a recunoaște, când se trece la studiul proiectului, că dificultățile cresc în un mod cu totul neașteptat și treptat cu cât cineva voește să se ridice. O idee de aste dificultăți ne dă faptul că, din cele 7000 t. ce cântărește turnul actual, 4000 t. sunt absorbate în cei 60 m. inferiori, cu alte cuvinte cei 60 m. a părții inferioare cântărește mai mult de cât restul de 240 m.

(1) Cu ocasiunea adunării anuale a vechilor elevi ai școalei politecnice din Zurich, și care anul acesta, prin excepțiune a avut loc la Paris, la începutul lui Iunie, d-nu Maurice Koechlin vechi elev al acelei școli și actualmente inginer în casa Eiffel și unul din principalii colaboratori ai turnului de 300 m., a ținut o conferință asupra turnului pe care noi o reproducem după *Schweizerische Bauzeitung* din 22 Iunie și 12 Iuliu.

După acest raport 'și poate cine-va închipui de materialul ce ar fi nevoie a se întrebuița dacă s'ar încerca a întrece 300 m.

În cea-ce privește alegerea materialului, metalul este indicat de mai înainte, rezistența sa mare în raport cu pondul mic, suprafața mică ce o opune vântului, elasticitatea sa, regegiunea cu care se fabrică și se fuzionează, toate aste calități îi dă un mare avantaj asupra zidăriei. Din studiile comparative ce s'au făcut, se vede că costul unui turn de 300 m. în fer este cu mult inferior unuia în zidărie, și că pentru acest din urmă, din cauza greutatei enorme, fundațiunile ar fi fost foarte greu de realizat. Monumentul lui Washington și care este cât se poate de simplu, a costat peste 7,000,000 franci.

În Iunie 1884d-nii M. Koechlin și E. Nougier, inginer în casa Eifel sunt acei care au început primele studii, dresând un anteproiect cu colaborațiunea d-lui Sauvestre arhitect. Acest anteproiect a fost prezentat de d-nu Eifel și care 'și luă toată responsabilitatea.

Domnu Lockroy, ministru de comerț și industrie de atunci, considerând grandiositatea proiectului și atracțiunea ce va da expozițiunii, impuse turnu de 300 m. în concursul pentru expoziția universală, concurs care fu deschis în Mai 1886.

La acea epocă un mare număr de ingineri și arhitecți au imaginat alte proiecte de turnuri și care fură toate respinse de comisiunea specială însărcinată cu examinarea proiectelor, admitându-se pe acel prezentat de d-nu Eifel.

După multe opozițiuni și dificultăți pe care d-nu Eifel prin perseverență și energie ajunse să le îndepărteze, se semnă în Ianuarie 1887 o convențiune între Stat, orașul Paris și d-nu Eifel, convențiune prin care se regula condițiunile după care turnul trebuia să fie construit.

Imediat se începu studiul proiectului definitiv, cu activitatea ce necesita importantei lucrări, și timpul scurt ce mai rămânea până la deschiderea expozițiunii.

Iată cum s'a procedat :

Desenurile proiectului definitiv în număr de 700 și calculile, erau făcute în biroul studiilor de 10—16 ingineri și desenatori.

Aceste desene treceau în urmă în biroul de detalii și unde se executau desenele de ateliere și montaj, 20 desenatori erau ocupați a detalia toate aceste piese în număr de 18000, reprezentate pe 4000 planșe. În același timp un birou de 5 arhitecți studiau decorațiunea și aranjamentul restaurantelor.

Conform obiceiului admis în casa Eifel, toate piesele erau executate după desenele speciale, nimic nu se făcea după epurile de atelier. Piesele se îmbinau între ele până ce se obținea o greutate-

maximă de 3000 kg. și în urmă se expedia pe șantier dinpreună cu planul de montaj și unde figurau toate numerile de ordine a pieselor.

Numărul găurilor făcute în tole este de aproape 7,000,000 și luându-se ca grosime mijlocie, o tolă de 1 cm găurile puse una peste alta ar forma un tub de 70 km. Riveurile întrebuințate sunt în număr de aproape 2,500,000.

Descrițiuni generale. Descrițiunea lucrărei cuprinde .

- 1) Fundațiunile.
- 2) Sarpanta metalică în fer formând osatura sau partea resistentă a construcțiunei.
- 3) Platformele cu instalațiunile diverse.
- 4) Ascensorile și scările.
- 5) Mașinele.
- 6) Decorațiunea construcțiunei.
- 7) Montajul.

Turnu se sprijină pe patru picioare însemnate cu 1, 2, 3, 4 în figura 1 (vezi planșa).

În înălțimea sa, turnul e divizat în 3 etage. La partea superioară a fie-cărui etage se află câte un planșeu a căror nivele sunt :

	<i>Deasupra solului</i>	<i>Altitudine</i>
Planșea etagiul I	57,63 m	91,13 m.
" " II	115,73 "	149,23 "
" " III	276,13 "	309,63 "

Între planșeu al 2-lea și al 3-lea se află un al patrulea planșeu denumit planșeu intermediar, întrebuințat pentru serviciul de ascensiune, planșeu la nivelul căruia publicul trece direct din cabina unui ascensor în cabina unui altuia.

Osatura metalică sau partea resistentă a turnului se compune esențialmente din patru montanți, formând muchiile unei piramizi cu fețe plane până la primul etaj, și de acolo în sus, curbe. Secțiunea este patrulateră și ast-fel că turnul presintă patru fețe identice.

Fie-care montant are în un plan orizontal o secțiune pătrată, această secțiune este constantă și are 15 m. măsurat pe laturea pătratul, până la primul etaj, (Fig. 1) în sus scade așa că la al doilea etaj n'are mai mult de 10,035 m. pe lature. De aci în sus modul de construcție se schimbă, fețele interioare dispar și turnul nu mai formează de cât un cheson unic cu patru fețe. (Fig. 2). Diagrama turnului (fig. 3) dă toate dimensiunile principale a osaturei.

La primul etaj grinzile planșeului servesc în același timp de cen-

tură, ele se opun la flecsiunea montanților care din cauza curburei, sub acțiunea încărcării tind a se apropia.

Depărtarea picioarelor din axă în axa montantului este de 100 m. lărgimea exterioară la basă este de 115 m. Aceiași lărgime la primul etaj, este de 63 m. galeriile nefiind cuprinse, la al 2-lea etaj 31,7 m. și în fine la partea superioară numai 10 m.

La etagiul prim sunt instalate, în spațiurile cuprinse între montanții unei aceeași fețe, 4 restaurante și în plus o galerie acoperită exterioară, sprijinită pe console și care are 270 m. de jur în prejurul construcțiunei.

Tot spațiul cuprins între montanți și între interioru acestora, suportă un planșeu ce are în centru un loc gol de jurul căruia se află un parapet.

Suprafața totală a planșeilor, scoțându-se golurile pentru trecerea ascensorilor, galeria fiind însă cuprinsă, este de 4010 m².

Suprafața acoperită de galerii și restaurante este de 2760 m². Etagiul al 2-lea are de asemenea o galerie exterioară sprijinită pe console ca la primul etaj, lungimea este numai de 136 m. Planșeul se întinde la acest etaj pe totă secțiunea turnului, și are o suprafață de 1300 m². Pe ast planșeu se află o brutărie, imprimeria ziarului Figaro, și alte kioscuri diverse.

Etagiul al 3-lea este acoperit și are cu consolele exterioare o suprafață de 270 m². Imediat d'asupra acestei părți acoperite se găsește instalațiunile laboratorului de fizică, pe urmă grinzi mari ce poartă scripetele ascensorilor și în fine turnul se termină cu un far suportat de arcuri. Prin scări mici se poate înălța până d'asupra farului, unde se găsește o platformă de 1,7 m. diametru, la cota de 300 m. d'asupra solului și unde cine-va n'are d'asupra sa de cât paratoneru.

La primul etagiu suirea se face cu ajutorul a două scări drepte și cu patru ascensori înclinate, două din aste ascensori continuă până la etagiul al 2-lea. Intre primul etagiu și al 2-lea se află 4 scări în elice, mai strănte de cât cele ale primului etagiu. În fine transportul între etagiul al 2-lea și al 3-lea se face cu ajutorul unui singur ascensor, schimbându-se de cabină la mijloc. O scară unică și care este interzisă pentru public, leagă de asemenea cele două etage superioare.

Toate mașinele servind ascensorilor, sau pentru producerea electricității sunt așezate în pile, principalmente în pila 3 (sud). Aste mașini se compun esențialmente din generatori și pompe care ridică apă în rezervoarele de la diferitele etage; din tuburi ce aduc apa din rezervoare în cilindrele cu piston și care pun în mișcare ascensorile.

Partea decorativă cuprinde arcurile mari, galeriele etagiul întâi și al doilea.

CALCULE

Calcululele turnului cuprind calcule de rezistență, calcule de stabilitate și calcule de deformațiune.

Elementele ce intră în aceste calcule sunt: încărcările datorite greutăților proprie, supra încărcările, eforturile orizontale datorite vântului, și în fine schimbările de temperatură.

Eforturile ce produc încărcările sunt următoarele:

- a) Eforturi de compresiune în montanți;
- b) Eforturi de flexiune și eforturi tranșante în acești montanți, provenite din cauză că ei nu sunt verticali și din cauză că presiunile nu lucrează în fibra mijlocie.
- c) Eforturi de compresiune în centure.

Forma curbă ce s'au dat construcțiunei este provenită din influența vântului, și iată cum:

Se presupunem pentru un moment că în fețe se dispune un treiu simplu, formând ast-fel un părete resistant eforturilor tranșante a vântului și a căror componente orizontale se fie P' , P'' , P''' .

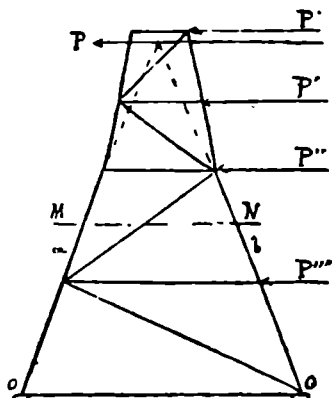
Se știe că pentru a calcula eforturile ce lucrează în trei bare, tăiate cu un plan $M N$, este de ajuns a determina resultanta P a tuturor forțelor exterioare ce lucrează deasupra secțiunei, și de a descompune această resultantă în forțe ce trec prin barele tăiate.

Dacă forma sistemului este ast-fel ca pentru fie-care secțiune orizontala $M N$ cei doi arbaletrieri prelungiți să se taie pe direcțiunea forței exterioare P , atunci eforturile în barele ce formează treiu sunt nule, și prin urmare aceste bare pot fi suprimate.

În acest mod se ajunge la rezultatul că direcțiunea montanților ea forma unei curbe dată de epură, și care este, în o scară determinată, curba chiar a momentului de încărcare datorită vântului.

În tot-d'a-una se va obține o aceeași curbă, ori-care ar fi intensitatea vântului, cu condițiune numai ca el să lucreze într'un mod constant.

Asupra intensității vântului s'au făcut două ipoteze, prima 300 kg. pe m. p. și lucrând uniform pe toată înălțimea; a doua, 400 kg. pe m. p. la vârf și descrescând până la 200 la basă.



Cele două curbe oținute diferă puțin una de alta, curba mijlocie acestor două a servit la trasarea fibrei mijlocii.

Afară de aste ipotese s'au făcut și altele în care vântul acționa pe $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ din înălțime, ipotese care dădeau coeficienți ce nu întreceau de cât puțin și în un mic număr de punte, coeficienți găsiți prin primele ipotese.

Influența schimbărilor de temperatură nu e sensibilă de cât în sens transversal; pe verticala, construcția poate să se dilateze cu totul liber, în sens orizontal însă, temperatura dă naștere la împingeri care modifică repartisarea eforturilor interioare.

Influența temperaturii nu a fost adaosă la cea a vântului; în adevăr este puțin probabil ca un vânt din cele mai violente (400 kg) și care întrece cu mult tot ceea ce a fost observat la Paris, să coincidă cu o mare diferență de temperatură. De altminterea influența temperaturii este cu mult inferioară influenței vântului.

Dacă se compară între ele eforturile datorite încărcării vântului și temperaturii, se vede că pentru arbaletieri raportul este foarte variabil, sus este vântul care are cea mai mare influență, cea a temperaturii fiind aproape nulă, cu cât ne scoborâm influența încărcării crește și jos întrece cu mult pe cea a vântului.

Suprafața ce turnu expune vântului este de 7500 m², sau în mijlocie 25 m² pe metru curent de înălțime.

Efortul orizontal total, datorit unui vânt de 300 kg. este de 2,250,000 kilograme.

Suprafețele expuse vântului au fost determinate presupunând că el lucrează orizontal și în un plan perpendicular la una din fețe. Toate părțile pline au fost considerate în întregime. În părțile ce sunt à jour, suprafața pieselor întâlnite de vânt în prima față au fost considerate în întregime, în timp ce în a doua față s'au scăzut vântului forța vie perdută pe prima față, sau ceea-ce revine la aceeași, suprafețele feței a doua au fost multiplicat cu raportul dintre gol la suprafața totală a primei fețe.

Ori care ar fi direcțiunea vântului în un plan orizontal, efortul în montant rămâne același.

Siguranță la resturnare este 2, cu alte cuvinte, pentru ca turnul să fie resturnat ar trebui un efort dublu același ce dă vântul cel mai puternic și admis în calcul.

Segeata maximă dată de calcul la vârful turnului pentru un vânt de 400 kg. este 1,03 m. de observat însă că pentru un vânt violent dând 78 kg. pe m² și care la Paris se observă foarte rar, Segeata la vârful nu e de cât 0,20 m. În vârful turnului cine-va nu simte nici o oscilație, mișcărilor fiind făcute încet. ele sunt imperceptibile.

Greutatea metalului ce intră în construcțiune

DENUMIREA	Osatura Kg.	Ascensorii și scări Kg.	Planșeurile acoperite Instalații diverse Kg.	Total Kg.
1 ^o) <i>Deasupra planșeului al 3-lea :</i> Campanila completă . . .			69000	69000
2 ^o) <i>Între planșeul intermediar și planșeul al 3-lea</i> Panou 29 și planșeu . . . Panourile 20—28	65000 336000	80000	40000	105000 416600
3 ^o) <i>Planșeu intermediar</i> Panou 19	40000		34000	74000
4 ^o) <i>Deasupra etagiului al 2-lea</i> Panourile 12—18	647000	61000		708000
5 ^o) <i>Planșeul etagiului al 2-lea</i> Planșeu și galerii, panoul 11	167000	116500	434600	718100
6 ^o) <i>Între etagiul 1 și al 2-lea</i> Panou 6—10	944600	142300		1086900
7 ^o) <i>Planșeu etagiului 1-ii</i> Planșeu, galerii, panoul 5 .	250000	30000	950000	1230000
8 ^o) <i>Arcuri și grinzi decorative</i>	790000			790000
9 ^o) <i>De la sol până la etagiul 1-ii</i> Panou 1—4	1428140	397700		1825840
10 ^o) <i>Reazeme și întărituri</i>	200000			200000
11 ^o) <i>Instalațiuni pe sol</i> Scări, planșeuri, subasamente			210000	210000
Total	4868340	827400	1737600	7433340

Aceste greutateți nu copriind instalațiunile pentru ascensorii.

Tuburi, rezervore, cable, cabine etc și care dau aproape 550000 kg.

Peste greutatea metalului propriu zis, mai este de adăogăț greutatea diferitelor construcțiuni și instalațiuni diverse, greutateți care se repartisează după cum urmează :

Deasupra platformei superioare	106,200 kg.
Intre al 2-lea și al 3-lea etagiu	80,000 „
Pe planșeul etagiului al 3-lea.	447,800 „
Intre 1-iu și al 2-lea etagiu.	64,000 „
Pe planșeul etagiului 1-iu.	1,750,000 „
De la sol până la etagiul 1-iu	172,000 „
Total . . .	<u>2,620,000 kg</u>

Așa că încărcarea totală la razeme este de $7,023,340 + 2,620,000 = 9,643,340$ sau $60^1,000$ kg. pe un razăm.

FUNDAȚIUNI

Din numeroasele sondage făcute în câmpul lui Marte s'au constatat că pătura inferioară a subsolului e formată din o pătură de argilă plastică de 16 m. grosime și care repausează pe straturi de credă ; astă argilă este destul de compactă și poate suporta o încărcare de 3—4 kg. pe m². Pe astă argilă și care este înclinată către Sena se află straturi de nisip și petriș compact, pătura de nisip care are aproape pe tot câmpul lui Marte o grosime de 6—7 m, către malurile Seinei însă, sub turn, se micșorează și dispar cu totul sub albia fluviului.

Considerațiuni de ordine administrativă necesitau a așeza turnu tocmai în locul unde grosimea păturei de nisip este redusă, așa că pilele 1 și 4 sunt pe straturi de nisip de 3 m. grosime sub celelalte două, 5 m.

Nivelul normal al Senei (reținut de barajul Suresnei) se află la cota + 27 m. La pilele 2 și 3 nivelul solului are cota + 34, nivelul superior a păturei de nisip + 27 așa că pentru aste două pile s'au putut ușor face fundațiuni la aer liber pe un strat de beton de 2 m. grosime.

Pentru pilele 1 și 4 fundațiunile sunt diferite. Stratul de nisip nu se întâlnește de cât la cota +22, adică la 5 m. sub apă, așa că pentru a ajunge acolo trebuia strebățut terenuri mărnose. Modul de fundație cu aer comprimat era impus și în acest scop s'au servit de 8 chesoane în tola, de 15 m. pe 6 m. și cântărind fie-care 40,000 kg. 4 pentru pila 1 și tot atâtea pentru pila 4.

Turnul se reazimă pe 16 punte de reazăm, așezate sub cele 16 arbalatriere. La aceste 16 punte conrespund 16 masive grupate (fig. 1 planșa II) câte 4 în fie-care pilă. Partea superioară a acestor

masiv și pe care sunt așezați cusineții, este normală la direcția muchiilor, masivul însuși are fața de dinainte verticală, în timp ce fața de dinapoi este înclinată, secțiunea rămânând însă rectangulară (fig 19 și 20 pl. II). Dimensiunile masivelor și înclinările fețelor de dinapoi au fost determinate astfel ca rezultanta presiunilor se cadă în un punct foarte aproape cu centru fundațiilor.

Reacțiunea obligă a presiunilor se ridică, la intrarea în zidărie (la cota 36) la 600 tone fără vânt și la 900 tone cu vânt. Pe solul fundației celor două pile din spre Sena și care este la cota 22,00, adică la o adâncime de 14 m. presiunea verticală pe sol este de 3320 tone cu vânt și care repartisată pe o suprafață de 90 m² dă o încărcare de 3,7 kg pe cm². Pilele din spre câmpul lui Marte dă o presiune pe sol, la cota de 27 m. adică la adâncimea de 9 m. de 1970 tone și care repartisată pe o suprafață de 60 m² se obține o presiune de 3,3 kg pe cm².

Masivurile de beton realizând această suprafață au 10 m. lungime și 6 m. lărgime.

Betonul este făcut din ciment de Boulogne cu un dosage de 250 kg. pentru un metru cub de nisip. Zidăriile sunt făcute în piatră și cu mortar de ciment cu un acelaș dosage de nisip.

Influența vântului pe solul de fundație, socotit la maximum de intensitate este mică și dă în maximum o supra încărcare de 0,6 kg. pe cm².

Dacă se compară greutatea totală a turnului care este aproape 10000 tone, la suprafața totală a fundațiilor și care este 1200 m². Se vede că construcțiunea în fer 300 m înălțime nu corespunde pe solul de fundație de cât cu o înălțime 3,30 m. de zidărie punând 2500 kg. pe m², cifre care arată cu cât o construcție metalică este mai ușoară de cât una în zidărie.

Fiește care masiv de zidărie se termină prin două asisur de piatră de talie, fie-care de 0,50 m. grosime (fig. 6, pl. II). În centru se găsesc două buloane de ancorage de 7,80 m. lungime și de 0,1 m. diametru și care sunt legate în zidărie cu ajutorul unui cusinet în fontă și a două fere I (fig. 19, 24, 25, 26, 27 pl. II).

Surgerea în pământ a electricității atmosferice se face pentru fie care pilă prin conducte în fontă, și care are un diametru de 0,50 m. implantate în apă pe o lungime de 18 m. Aceste tuburi se reîntorc vertical la extremitățile lor, până la nivelul solului și unde sunt puse în comunicațiune directă cu partea metalică a turnului.

Fie-care din picioarele turnului a necesitat săpături considerabile, întinzându-se pe un pătrat cu o lature de 35 m. și scoborându-se la cota +29 pentru pila 2 și 3 (6 m. sub sol).

Lucrările de fundație și zidărie au început la 28 Ianuarie 1887 și în luna Iulie același an au fost terminate. Cubul total al zidăriei este 12000 m³.
