



A XV-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2015

CONSTRUCȚII LA SUPERLATIV FOLOSIND CĂBLURILE DE OȚEL

Daniel Gheorghe LAKATOS, Mircea BEJAN

CONSTRUCTION AT ITS BEST USING THE STEEL CABLES

Cables, springs, screws or steel wires, as well as many other wire industry products, are processed worldwide because they are absolutely essential for transmission of electricity, electronic data or mechanical forces.

This present study presents the most impressive engineering constructions made using steel cables, highlighting their importance in the development and progress in this area.

Keywords: bridge, steel cables, viaduct, steel wire

Cuvinte cheie: pod, cabluri de oțel, viaduct, sârmă de oțel

1. Introducere

Cablurile sunt organe flexibile alcătuite din mai multe sârme sau din mai multe toroane, înfășurate elicoidal în jurul unei inimi centrale, într-unul sau mai multe straturi suprapuse. Toroanele sunt mănunchiuri de sârme înfășurate elicoidal în jurul unei inimi proprii, într-unul sau mai multe straturi suprapuse, iar inima este partea centrală metalică sau nemetalică a cablului în jurul căreia se înfășoară sârmele sau toroanele lui [1].

Sârmele de oțel ocupă un loc important în producția siderurgică mondială. În 2013 la nivel mondial s-au produs 1606 megatone de oțel, în creștere cu 4,4 % față de 2012. Din această cantitate aproximativ 9,5 % este destinată laminării și trefilării.

Pentru anul 2013, în lume, China continuă să fie cel mai mare producător de oțel cu 779 milioane tone în creștere cu 6 % față de anul precedent.

Producția de fier și oțel din România a înregistrat o scădere dramatică de 50 % în ultimii 5 ani, în scădere de la 10,2 milioane de tone în 2007 la 5,1 milioane de tone în 2012, în timp ce numărul de angajați a scăzut la doar de o cincime în aceeași perioadă.

România, care în 1989 a fost al șaselea cel mai mare producător de oțel din Europa, a pierdut recent trei locuri în clasamentul de fier și oțel a țărilor producătoare din Europa. După 1990, consumul intern de oțel a scăzut dramatic la aproximativ 2,6 milioane de tone în 2012, de la 8 milioane de tone în 1989. În consecință, pentru prima dată în 2012, România nu a mai fost inclusă în clasamentul Asociației Mondiale a producătorilor de oțel [2].

2. Scurt istoric

Cablurile sau funiile de oțel au fost inventate de Julius Albert, un inspector de mine, în Clausthal în 1834. Albert a căutat un înlocuitor la sistemul de lanțuri de ridicare utilizate în operațiuni miniere la momentul respectiv. Cablul de sârmă proiectat de Albert a constat din trei componente cu patru fire, fiecare dintre ele cu un diametru de 3,5 mm, utilizate pentru a face o coardă de oțel cu un diametru total de aproximativ 18 mm. Avea aproximativ de șase ori forța unei frânghii de cânepă cu aceeași diametru și de patru ori forța unui lanț, cu o greutate de opt ori mai mare. Alte repere semnificative:

- 1877, istoria consemnează construcția primei macarale cu cablu, iar în 1880 se face demonstrația cu un ascensor de persoane cu acționare electrică și cu o înălțime de ridicare de 20 m;

- 1919-1930, s-au realizat numeroase programe de cercetare, constând din încercări la încovoiere alternative sub conducerea lui Dr. Walter A. Scoble;

- 1945, Drucker și Tachau au relevat existența rezistenței la oboseală și au prezentat un prim criteriu de proiectare a cablurilor de tracțiune;

- 1950, Hall și Hruska au dezvoltat primele modele teoretice pentru determinarea tensiunilor din sârmele unui toron;

- 1952, din inițiativa profesorilor Franco Sevi, Rosetti și Calderale, se fac încercări sistematice asupra rezistenței la oboseală a cablurilor pe mașini tip Benoit adaptate și îmbunătățite. Se fac circa 400 încercări la durate cuprinse între 100.000 - 300.000 cicluri;

- 1965, studiul efectului de compresiune locală asupra durabilității sârmelor din cablurile de oțel a fost inițiat în Italia de către profesorul Giorgio Paolini de la Politehnica din Milano;
- 1969, Prof. dr. ing. Lazăr Boleanțu construiește o mașină care permite încercarea sârmelor la oboseală cu compresiune de contact, mașina Nădășan-Boleanțu;
- 1973, starea de tensiuni în cazul contactului dintre sârmele componente ale unui toron a fost studiată analitic de către profesorii James Phillips și George A. Costello de la Universitatea din Illinois, S.U.A.;
- 1985, Phillips și Costello au generalizat cercetările lui Velinsky pentru orice tip de cablu cu inimă centrală;
- 2000, profesorii A. J. Paris și G. A. Costello prezintă o metodă analitică de determinare a stării de tensiuni și deformații a unui cablu sollicitat axial și la răsucire, rezolvând ecuațiile diferențiale ale eforturilor și deplasărilor printr-o metodă matriceală [1].

3. Construcții impresionante folosind cablurile de oțel

Datorită rezistenței mecanice mari, combinată cu flexibilitate și elasticitate, rezistență mărită la uzură mecanică, cât și o rezistență la oboseală crescută, cablurile de oțel sunt folosite tot mai mult în construcții inginerești impresionante și incredibile.

Podul Brooklyn Bridge din New York – 1883

Podul Brooklyn Bridge s-a deschis în 1883. A fost primul pod suspendat pe cabluri din sârmă de oțel.



Fig. 1 Podul Brooklyn Bridge

Având 1.825 m lungime, a fost cel mai lung pod suspendat din lume de la deschiderea sa și până în 1903.[1]

Viaductul Millau, Franța – 2004

Viaductul Millau este un pod rutier hobanat (pe cabluri) ce trece peste valea Tarn, în departamentul Aveyron, în Franța. Podul asigură continuitatea autostrăzilor A75 și A71 între Paris și Béziers.

Acest pod, inaugurat oficial pe 14 decembrie 2004, deține patru recorduri mondiale, fiind cel mai înalt pod auto din lume.



Fig. 2 Viaductul Millau, Franța

Având o lungime totală de 2,5 km, puntea se sprijină pe 7 piloni și are o greutate de 36.000 de tone. Cei 7 piloni au fiecare 343 m înălțime și o greutate de 700 tone. Șoseaua se află la 270 m altitudine, distanța între piloni fiind de 342 m [3, 13].

Podul circular Hovenring, Olanda – 2012

Hovenring este un sens giratoriu suspendat în provincia Nord - Brabant în Țările de Jos și primul de acest fel din lume. Se află între localitățile Eindhoven, Veldhoven și Meerhoven.

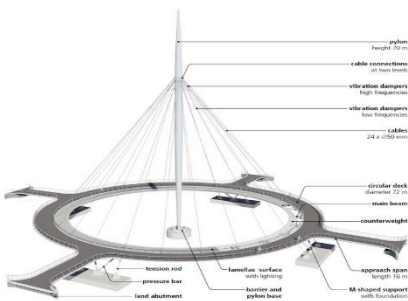


Fig. 3 Podul circular Hovenring, Olanda

Podul a fost conceput pentru a îmbunătăți fluxul de trafic, fiind utilizat doar de către bicicliști și motocicliști.

Podul suspendat a trebuit să fie închis aproape imediat după darea sa în folosință din cauza vibrațiilor neașteptate în cabluri cauzate de vânt. O anchetă a problemei a fost efectuată în următoarele câteva săptămâni de către profesori de inginerie mecanică și civilă de la Universitatea de Tehnologie din Eindhoven.

Aceștia au concluzionat că vibrațiile au fost provocate de vârtejuri de vânt formate în adăpostul de cabluri, care provoacă mult mai grele vibrații decât se așteptau în timpul proiectării. O soluție a fost găsită prin aplicarea de amortizoare suplimentare pe cabluri. Din păcate, aceasta a cauzat o întârziere suplimentară de o lună în deschiderea podului [4], [5].

Podul Danyang Kunshan Grand Bridge – 2011

Podul este situat pe linia de cale ferată între Shanghai și Nanjing din estul Chinei. Este în Yangtze River Delta, unde geografia este caracterizată prin câmpii de orez, canale, râuri și lacuri.



Fig. 4 Podul Danyang Kunshan Grand Bridge

Danyang Kunshan Grand Bridge a fost inaugurat pe 30 iunie 2011 și este cel mai lung pod susținut de cabluri de oțel.

Podul are 164 km de cabluri, iar pentru construcția lui s-au folosit 450.000 de tone de oțel.

Distanța totală este de 6 mile și a fost terminat în timp record de o echipă de 10.000 de muncitori. Toată construcția a durat doar 12 luni și a costat 8,5 miliarde de dolari [6], [7].

Podul Sidu River – 2009

Podul suspendat Sidu River are 1222 m lungime și traversează valea râului Sidu aproape de Yesanguan în provincia Hubei a Republicii Populare Chineze. Podul a fost proiectat de Highway Consultants Company, Ltd. și construcția sa a ajuns la un cost de 720 de milioane de yuani (aproximativ 100 de milioane de dolari). A fost deschis traficului pe 15 noiembrie 2009.

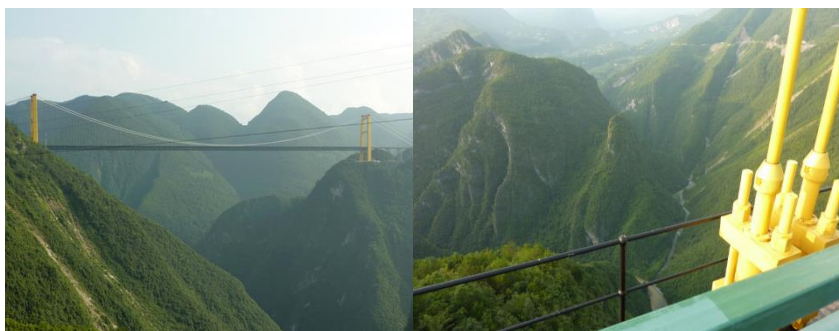


Fig. 5 Podul Sidu River

Cablurile principale de suspendare sunt realizate din 127 de toroane paralele incluse într-o formă hexagonală. Fiecare toron este realizat din 127 de fire (de asemenea, având o formă hexagonală), astfel încât există un total de 16,129 fire în fiecare dintre cele două cabluri principale.

Prima parte a cablului de suspendare instalat, un cablu cunoscut sub numele de cablul pilot, a fost primul cablu din istorie care a fost plasat cu ajutorul unei rachete. Condițiile de la locația podului nu au permis folosirea de bărci sau elicoptere. Rachetele militare au realizat traversarea cablurilor pilot la data de 06 octombrie 2006 și a dus la economii de timp și de costuri.

Podul a fost declarat în 2009 cel mai înalt pod feroviar din lume, cel mai înalt punct situându-se la 550 m față de sol [8], [9].

Podul Golden Gate – 1937

Podul Golden Gate, situat în partea de vest a Statelor Unite în statul California, a fost inaugurat la 27 mai 1937. Cu o deschidere de 1.280 m, Podul Golden Gate leagă orașul San Francisco de orașul Sausalito, fiind situat peste strâmtoarea Golden Gate ce face legătura între Oceanul Pacific (la vest) și Golful San Francisco (la est).

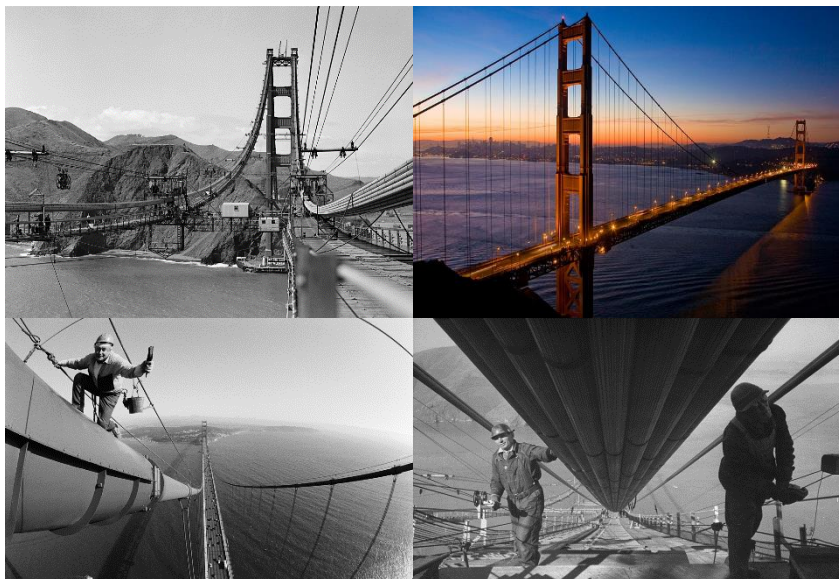


Fig. 6 Podul Golden Gate

Dimensiunile podului au sfidat la vremea aceea orice imaginație. Podul, care are o lungime totală de 2.737 m, a devenit celebru prin faptul că a fost prima construcție uriașă suspendată la peste 150 m deasupra nivelului apei. Distanța dintre cele două turnuri enorme este de 1280 de metri, ceea ce a făcut din podul Golden Gate cel mai mare pod suspendat din lume, un record care va sta până în 1964, când podul Verrazano - Narrows din New York, a fost finalizat.

Cele două frumoase turnuri Art Deco au aproape 250 m înălțime, din care mai mult de 20 m este sub nivelul mării. Drumul

având 6 benzi se află la 67 m deasupra nivelului apei. El este sprijinit de cabluri enorme, ancorate în sute de baruri blocate în blocuri de beton cu o putere de tragere de 25 de milioane kg. Cele două cabluri au o lungime totală de 2332 m și un diametru de 90 cm. Ele sunt împletite din 27,572 fire de oțel cu o lungime totală care este egală cu de trei ori circumferința pământului [10], [11], [12].

BIBLIOGRAFIE

- [1] Lakatos, Gh.D., *Contribuții privind comportarea la oboseală a sârmelor și cablurilor de oțel zincate – Teză de doctorat*, Cluj Napoca, 2013.
- [2] *** Business Digest; *The meltdown of the iron & steel industry*, 2013.
- [3] *** <http://www.leviaducdemillau.com>.
- [4] Jan de Vries (11 January 2012). "*Fietsrotonde Hovenring Eindhoven afgesloten: kabels op knappen*". Omroep Brabant. Retrieved 17 July 2012.
- [5] *** <http://hovenring.com>.
- [6] *** <http://www.livescience.com>.
- [7] *** Danyang Kunshan Grand Bridge, *The Longest Bridge*, 2011.
- [8] Wang, Chongxu; Yuan Cheng Peng; Yinbo Liu, "*Crossing the Limits*". *Civil Engineering*, Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers, 2009.
- [9] *** <http://thesidriverbridgemoliner.weebly.com>.
- [10] Cheever, D., *Daytrips San Francisco & Northern California*, Hastingshouse /Daytrips Publ. 352 pp, 1999.
- [11] Beth, S., *From steel beams to American icon: Golden Gate Bridge celebrates 75 years as an engineering masterpiece*, published 2012.
- [12] *** <http://goldengatebridge.org>.
- [13] Bejan, M., Simion Mihaela, Cherecheș, I. A., Lakatos, Gh.D., Vidican, I., *Compendii din rezistența materialelor*, Vol. 1, Editura AGIR București, Editura MEGA Cluj-Napoca, 2013, 488 pag.
- [14] Bejan, M., Simion Mihaela, Cherecheș, I.A., Lakatos, Gh.D., Vidican, I., *Compendii din rezistența materialelor*, Vol. 2, Editura AGIR București, Editura MEGA Cluj-Napoca, 2013, 350 pag.

Dr.Ing. Daniel Gheorghe LAKATOS
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,
membru AGIR
e-mail: lakatosdaniel_2013@yahoo.ro

Prof.univ.em.Dr.Ing. Mircea BEJAN
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,
membru AGIR
e-mail: Mircea.Bejan@rezi.utcluj.ro