



A IV –a Sesiune Științifică

CIB 2008

21 - 22 Noiembrie 2008, Brașov

## MODELAREA DINAMICA A STALPILOR EOLIENI CU ABSORBITORI DE VIBRAȚII

Marius BOTIS

Universitatea Transilvania Brașov-Facultatea de Construcții, e-mail [mbotis@unitbv.ro](mailto:mbotis@unitbv.ro)

**Abstract :** This paper presents the calculation of eolian column with a tuned mass damper. The eolian column has a wind turbine with 1kW that produce green energy. The eolian structure is designed by Transylvania University and follow to put this type of structure in Brașov. For decrease the lateral displacement of eolian structure under wind or seismic loads the structure uses a tuned mass damper. For modal analysis of structure we use ETABS and for dynamic analysis and choice the parameters of tuned mass damper.

**Keywords:** dynamic model, soil, tuned mass damper, finite element

### 1. INTRODUCERE

Pentru calculul construcțiilor este recunoscută importanța încărcărilor orizontale în locul încărcărilor verticale la proiectarea unei structuri supusă la acțiunea seismică sau eoliană. Astfel, din punct de vedere al conformării unei structuri, conformarea la acțiuni laterale (vant, seism) devine decisivă în raport cu conformarea gravitațională din punct de vedere al calculului de rezistență. Deoarece răspunsul unei structuri de rezistență diferă de la o acțiune laterală la alta, fiind determinat de caracteristicile inertiiale, elastice și disipative ale structurii și de conținutul de frecvențe al excitației – se poate spune că metoda încărcărilor laterale echivalente din vant și seism, care se folosesc în prezent pentru calculul deplasărilor liniare, se poate ameliora.

Conform concepției clasice de proiectare a structurilor de construcții, pentru a reduce deplasările laterale produse de acțiunile laterale trebuie să se asigure, pentru structura, o capacitate portantă și o deformare suficientă - acestea realizându-se prin asigurarea combinației rezistență-ductilitate a elementelor structurii. Practic, după cum se acceptă un anumit grad de deteriorare a elementelor structurale sau nestructurale ale structurii, se poate doza capacitatea de rezistență-ductilitate a structurii. În cazul acțiunilor laterale moderate structura de rezistență are o comportare elastică, iar în cazul acțiunilor laterale puternice structura va avea incursiuni în domeniul postelastice. Pentru a disipa energia indusă de seism, în cazul incursiunilor postelastice ale structurii, trebuie acordată o atenție deosebită în dirijarea și formarea articulațiilor plastice prin analize de tip push-over sau dinamic neliniare. Deoarece disiparea energiei induse de acțiuni laterale se face în zona articulațiilor plastice, în cazul concepției clasice de proiectare este necesar să se acorde o atenție deosebită ierarhizării capacităților de rezistență a elementelor structuri în vederea formării articulațiilor plastice.

Modificările sistemului structural, în vederea reducerii vibrațiilor, au condus către conceptul de *control structural*. Prin introducerea conceptului de control structural, structura este privită ca un

sistem dinamic ale cărui variabile de răspuns (deplasare, viteză și accelerație) sunt în raport de timp și de tipul acțiunii dinamice și în care unele caracteristici, precum rigiditatea și amortizarea, pot fi modificate în scopul ameliorării efectelor încărcărilor dinamice .

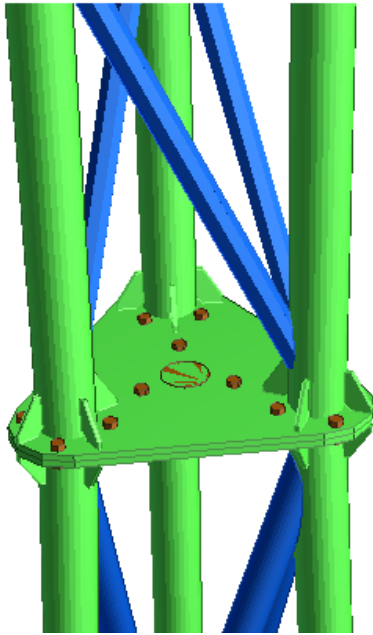


Fig.1 Conexiunea între zona cu secțiune variabilă de stâlpi și zona cu secțiune constantă

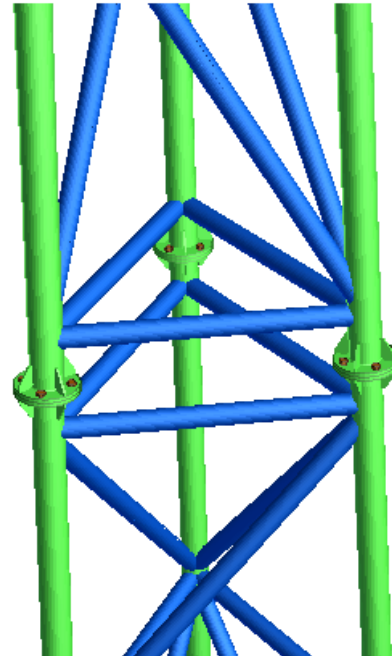


Fig.2 Conexiunea dintre modulele din care este alcătuit stâlpii

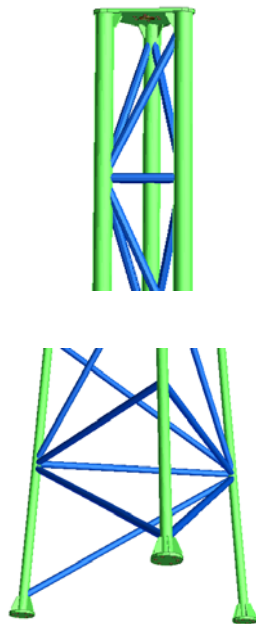


Fig.1 Zona în care este amplasat absorbtorul de vibrații și zona de prindere fundație

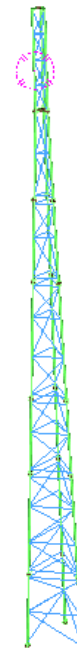


Fig.2 Structura de rezistență a stâlpului eolian

În ultimii ani, o atenție deosebită a fost acordată căutării și dezvoltării unor procedee de control structural în vederea evaluării și ameliorării răspunsului clădirilor la acțiunea încărcărilor laterale. Astăzi se poate vorbi de un număr mare de mecanisme instalate într-o largă varietate de structuri, care sunt abordate în patru clase: pasive, active, hibride și semi-active. Implementând un sistem de control, frecvențele naturale ale unei structuri, modurile proprii de vibrație și valorile de

amortizare corespunzătoare acesteia se schimbă în timpul acțiunilor exterioare astfel încât încărcările dinamice să fie reduse. Tehnicile de control pasiv astfel ca izolarea bazei și disipatorii pasivi au reprezentat primele implementări în structurile construcțiilor civile. Foarte mulți cercetători au studiat structuri echipate cu sisteme de control pasiv și au fost implementate în multe țări. Aceste dispozitive nu au nevoie de o sursă externă de energie, sunt mult mai economice și ușor de implementat. În cazul stălpului eolian, analizat în această lucrare, se descrie utilizarea unui disipator pasiv cu masa acordată.

Sistemele de control activ, hibrid sau semi-activ reprezintă o evoluție normală a tehnologiilor de control pasiv, precum izolarea bazei și disiparea energiei. Forțele exterioare sunt parțial contracarate de forțele generate de sistemul de control, ale căror intensități sunt stabilite pe baza răspunsului structural înregistrat, folosindu-se algoritmi de control implementați în sistemul de control.

Sistemele de control activ sunt concepute pentru a aplica forțe de control structurii prin actuatori, astfel încât deformațiile inelastice în elementele structurii de rezistență pot fi excluse. Ele sunt cu siguranță cele mai efective, dar au un mare dezavantaj deoarece necesită surse mari de energie, iar costurile pentru implementare și exploatare sunt destul de ridicate. Aceste lucruri conduc la un număr mic de aplicații până la ora actuală.

Tehnicile de control hibrid combină folosirea unui sistem activ și unul pasiv. Forțele de control generate de către actuatori sunt utilizate pentru a crește eficiența dispozitivelor de control pasiv sau invers, disipatorii pasivi implementați sau atașați structurii reduc energia electrică necesită de un sistem de control activ implementat în acea structură. Astfel, la ora actuală se pare că implementarea tehnicilor de control hibrid reprezintă o soluție atât din punct de vedere al economiei de energie, cât și a procedurilor de mentenanță - care ar fi necesare în cazul controlului activ.

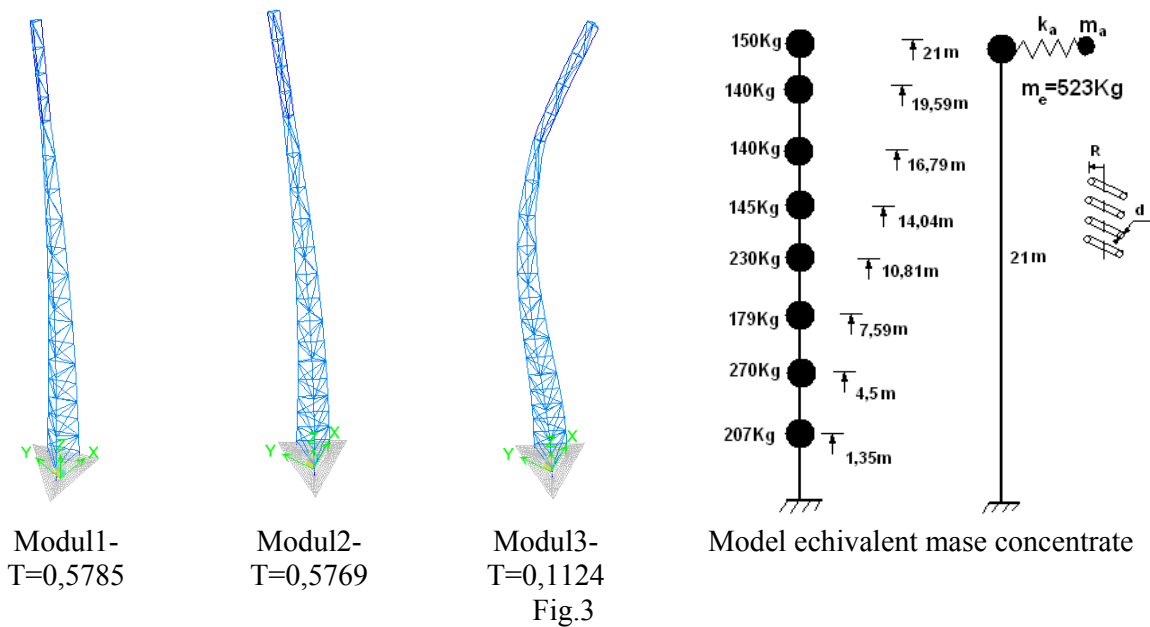
## 2. DESCRIEREA STĂLPULUI EOLIAN CU ABSORBITOR DE VIBRAȚII

Structura analizată în lucrare este un stălp eolian care are montată în varf o turbină eoliană care cu o putere de 1kW și care se amorsează la o viteză minimă a vântului de 3m/s. Înălțimea stălpului este de 21m, iar în vederea unei montări rapide - stălpul are 7 tronsoane de 3m. Primele 6 tronsoane de 3m înălțime formează partea variabilă a stălpului, iar ultimul tronson, de 3m, are secțiune constantă deoarece turbina eoliană se poate roti cu 360°. Forma stălpului a fost aleasă cu o porțiune cu secțiune variabilă liniară și o parte cu secțiune constantă pentru a modela un corp de egală rezistență și a utiliza cât mai eficient materialul. Fundația stălpului este rigidă și formată din cuzinet și bloc de fundație. Datorită sarcinilor laterale și înălțimi de 21m a stălpului, rezulta o fundație de leștare. Sistemul de control pasiv este format dintr-o masă care este fixată în varful stălpului prin intermediul a două arcuri. Sistemul masă-arc este acordat pe frecvența proprie de vibrație a stălpului eolian. În vederea determinării direcției pe care trebuie montat absorbitorul de vibrații, s-au determinat modurile proprii de vibrație al stălpului eolian. Astfel, absorbitorul de vibrații, acordat pe frecvența proprie a stălpului, a fost montat în planul vertical în care vibrează structura în modul fundamental, modul în care masa modală participanta este maximă.

## 3. MODELE NUMERICE UTILIZATE ȘI ANALIZE EFECTUATE

Pentru a determina masa aditională și constanta elastică a absorbitorului de vibrații, stălpul modelat într-o primă fază prin 7 mase concentrate în centrele de greutate ale celor 7 module și o masă concentrată în varf datorită turbinei eoliene a fost echivalat printr-un sistem cu un singur grad de libertate dinamică cu masa echivalentă concentrată în varful stălpului. Masa echivalentă rezulta din egalitatea energiei cinetice a sistemului dinamic cu 8GLD și energia cinetică a sistemului dinamic cu 1GLD. Relația de calcul a masei echivalente este:

$$m_e = \frac{\sum_{k=1}^8 m_k x_k^2}{x_e^2}$$



Perioada structurii a fost determinata prin analiza modala folosind programul ETABS astfel ca pulsatia, perioada si frecventa structurii sunt:

$$T_s = 0,57s; \omega_s = \frac{2\pi}{T} = 11,01 \text{ rad / s}; f = \frac{1}{T} = 1,75 \text{ Hz}$$

Masa aditionala a absorbitorului a fost considerata 10% din masa echivalenta

$$m_a = \frac{10}{100} m_e = 52,3 \text{ Kg}$$

Pentru a acorda absorbitorul de vibratii se pune conditia ca pulsatia structurii sa fie egala cu pulsatia absorbitorului.

$$\omega_a = \omega_s$$

Din conditia de acordare a absorbitorului dinamic se poate determina rigiditatea arcului prin intermediul caruia este fixata masa aditionala in varful stalpului si caracteristicile geometrice ale arcului.

$$k_a = m_a \omega_s^2 = 6339,8 \text{ N / m};$$

$$n = \frac{Gd^4}{64R^3k} = 5 \text{ spire}; R = 60 \text{ mm}; d = 8,5 \text{ mm}$$

#### 4. CONCLUZII

Utilizarea controlului pasiv pentru structurile de tip stalp eolian prin utilizarea absorbitorilor de vibratii prezinta urmatoarele avantaje:

- diminuarea fenomenului de oboseala al materialului din care este confectionat stalpul;
- fundatii de lestarsa mai mici ;
- reducerea deplasarilor laterale produse de vant si seism.

#### 5. BIBLIOGRAFIE

- [1]. Botiș ,M - Static and modal analysis of trusses structures. Editura Napoca STAR 2007.
- [2]. Ogata, K –Modern Control Engineering. Pretince-Hall, 1997.