

ANALIZA PE ETAPE DE EXECUȚIE A UNUI POD HOBANAT

Dr.ing. I. Păunescu, dr.ing. I. R. Răcănel
Universitatea Tehnică de Construcții București

INTRODUCERE

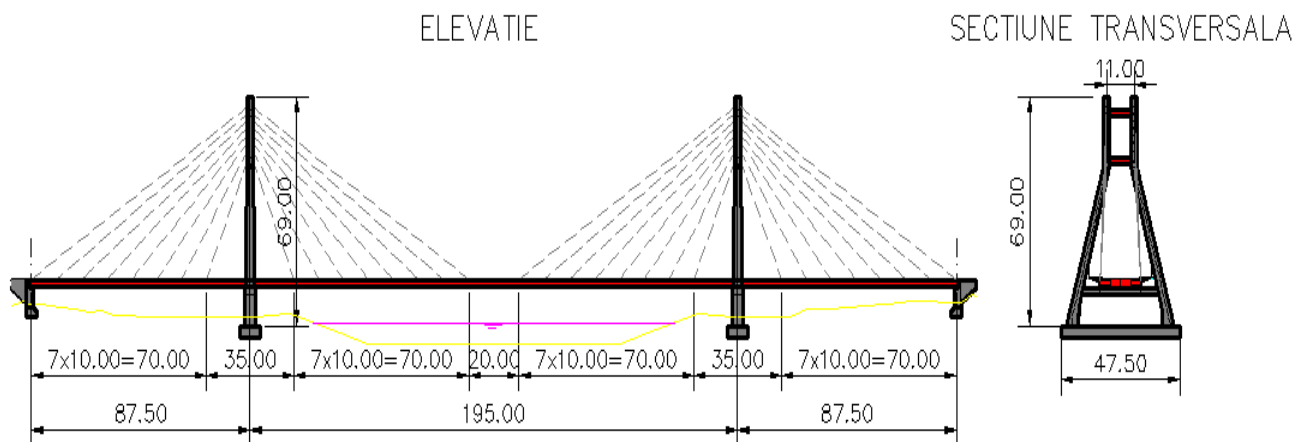
Podurile hobanate sunt structuri care acoperă deschideri mari și foarte mari. Pentru astfel de structuri, analiza pe etapele de execuție este absolut necesară, deoarece metoda de execuție aleasă poate influența semnificativ starea de eforturi și de deplasări finală. Scopul acestei lucrări este acela de a propune o metodă de calcul pe etape și de a evidenția avantajele acesteia față de un calcul direct pe structura finală.

Podul rutier analizat a fost propus pentru a traversa un canal navigabil. Are o lungime totală de 370m și este un pod hobanat cu trei deschideri, având doi piloni amplasați pe malurile râului. Tablierul susține patru benzi de circulație și două trotuare. Lățimea părții carosabile este de 14,80m, iar trotuarele au o lățime de 4,80m, în care este inclusă și zona de ancorare a hobanelor. Cele trei deschideri sunt (87,5+195+87,5)m (Figura 1).

2075mm și o grosime de 20mm, iar tălpile sunt realizate din platbande de 1000x40mm.

Pentru solidarizarea grinzilor s-au dispus antretoaze dese la o echidistanță de 3m și 3,5m. Antretoazele sunt grinzi cu inimă plină sudate, cu înălțime variabilă. Oțelul folosit este S355 J2. Conlucrarea dintre scheletul metalic și placa de beton armat se realizează atât la nivelul grinzilor principale cât și la nivelul antretoazelor prin intermediul conectorilor metalici de tip dorn. Placa de beton armat este realizată din beton clasa C35/45.

Pilonii au fost proiectați în forma literei „A”, cu o înălțime de 69 de metri din beton clasa C40/50. Pe o înălțime de 11,60m secțiunea este închisă, apoi secțiunea este casetată. La partea superioară, în zona de ancorare a hobanelor, secțiunea este mixtă oțel-beton. Bancheta cuzineților este realizată din beton armat cu secțiunea închisă. La partea superioară pilonii sunt solidarizați cu două rigle metalice casetate.



Figură 1. Dispoziția generală a podului.

Sistemul de hobanaj ales este de tip „evantai”, cu două planuri de hobane, realizate din toroane H15. Distanța dintre hobane este de 10 metri.

Tablierul este o structură mixtă, grinzi metalice cu inimă plină în conlucrare cu o placă de beton armat cu grosime de 20cm. Structura metalică este alcătuită din două grinzi cu inimă plină, sudate. Inima grinzilor are o înălțime de

1. PREZENTAREA MODELULUI DE CALCUL

Pentru analiza pe etape de execuție a podului s-a realizat un model spațial cu elemente finite în programul de calcul CSi Bridge v15.2.0 (Figura 2). Pilonii au fost modelați cu elemente finite de tip „frame”, ei fiind preponderent solicitați la forțe axiale. Secțiunile introduse au fost cele reale.

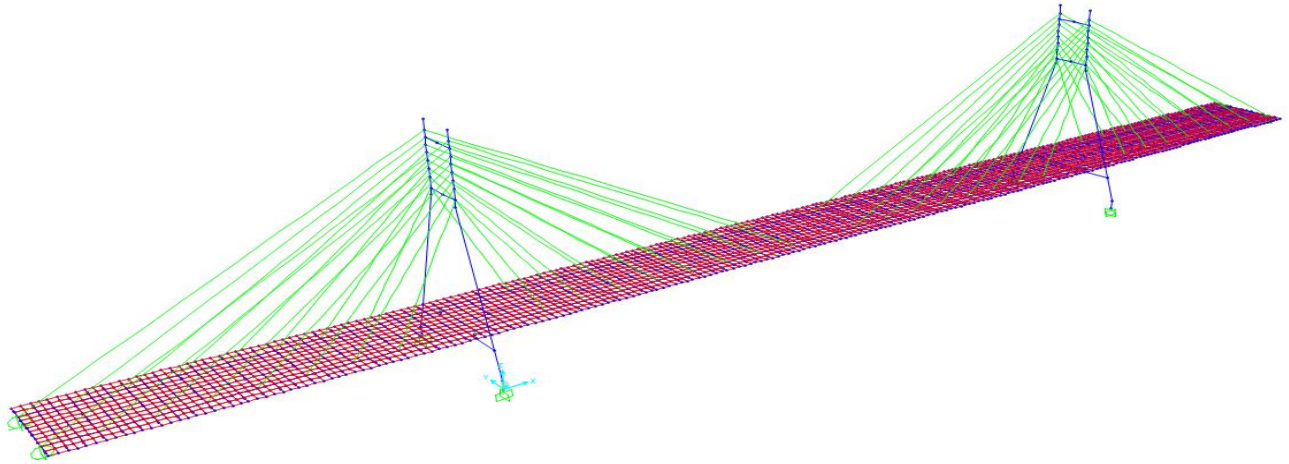
Deoarece în cadrul acestei analize nu ne-am propus să determinăm eforturile în fundații, acestea nu au fost modelate, pilonii considerându-se încastrați la bază.

Scheletul metalic al tablierului a fost modelat ca o rețea de grinzi, cu elemente finite de tip „frame”. Grinzile rețelei sunt reprezentate de grinzile principale ale tablierului și de antretoaze. Secțiunile introduse au fost cele reale considerând și excentricitățile dintre elemente.

2. ANALIZA EFECTUATĂ ȘI REZULTATE

În primul rând a fost realizat un caz de analiză neliniară, pe etape de execuție, definind fiecare fază a procesului de execuție.

Etapile considerate în cadrul analizei au fost gândite pentru un anumit amplasament. S-a considerat că podul traversează un canal navigabil,



Figură 2. Modelul spațial de calcul.

Materialul folosit este oțel S355, predefinit în program.

Placa de beton este modelată cu elemente de tip „Shell”, elemente bidimensionale ce modelează corect comportamentul de placă și membrană. Grosimea plăcii este de 20cm.

Hobanele au fost modelate cu elemente finite unidimensionale de tip „cable”, ce pot prelua doar eforturi axiale de întindere. Ele au fost introduse în model cu forma lor nedeformată, programul calculând automat tensiunea inițială în hobane. Elementele finite tip „cable” se pot utiliza doar într-o analiză de tip neliniară, în care se ține cont de deformațiile mari suferite de cabluri ca urmare a modificării geometriei lor.

Rezemarea pe bancheta cuzineților a fost modelată cu elemente finite tip „link”, blocându-se corespunzător translațiile și rotațiile, pentru a obține comportarea unui reazem mobil. Pentru rezemările de la capete au fost atribuite constrângeri în punctele considerate de rezemare.

Comportarea materialului „oțel” a fost considerată liniar-elastică, iar cea a materialului „beton” a fost considerată neliniară, astfel ținându-se cont de modificarea proprietăților betonului, în timp, datorate fenomenelor de contracție și curgere lentă.

astfel putându-se aduce tronsoanele de tablier pe apă, cu barje și ridicarea acestora cu ajutorul macaralelor Derrick, montate pe tablier.

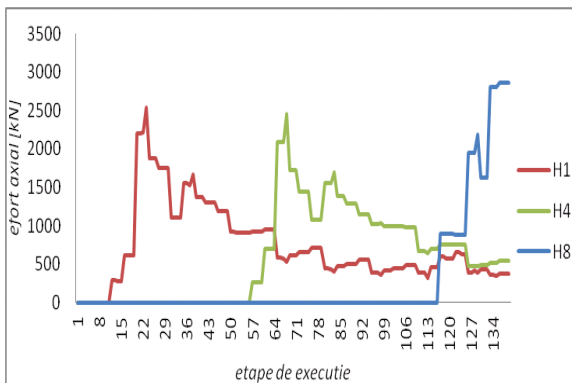
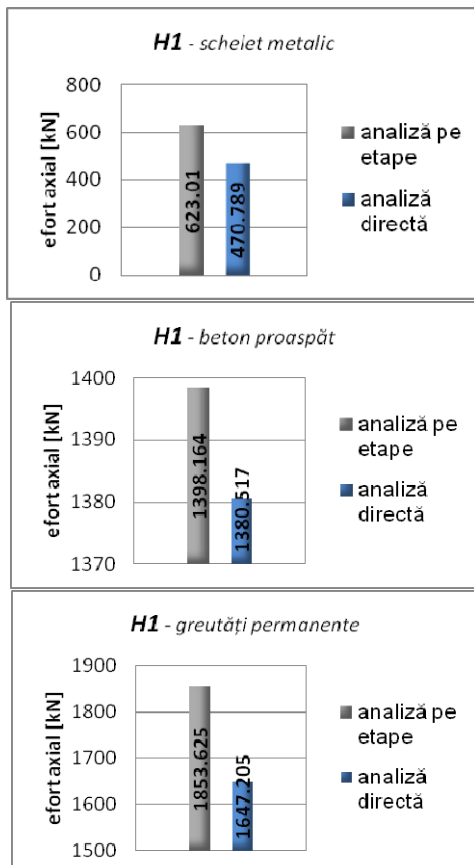
De asemenea s-a considerat că în dreptul pilonilor se pot realiza platforme tehnologice, pentru montarea și ridicarea cu ajutorul macaralelor a tronsoanelor „amorsă”. Execuția se realizează în consolă, simultan de la ambii piloni. Montarea tronsoanelor și a hobanelor se realizează simetric de o parte și de alta a pilonilor.

În etapele de ridicare a tablierului, deplasările verticale, sub încărcarea cu greutate proprie, greutatea macaralelor și a reacțiunilor din greutatea tronsonului ce urma a fi ridicat, trebuie să fie aproximativ egale cu zero pentru ca îmbinarea tronsoanelor metalice să se realizeze în condiții bune. Pentru aceasta, după montarea fiecărei hobane a fost determinată deplasarea tablierului și mai apoi calculată forța de tensionare necesară, care a fost introdusă în model. Calcul (Tabelul 1) a fost reluat astfel până la montarea ultimului tronson de tablier metalic.

Efectuând o astfel de analiză se poate urmări starea de eforturi și deformații pe fiecare etapă de execuție în parte. În figura 3 se evidențiază variația efortului axial, în timp, a hobanelor 1, 4 și 8. Se poate observa foarte ușor etapa în care a fost montată hobana sau cea în care a fost tensionată.

Tabelul 1. Forțele de tensionare a hobanelor pe perioada execuției.

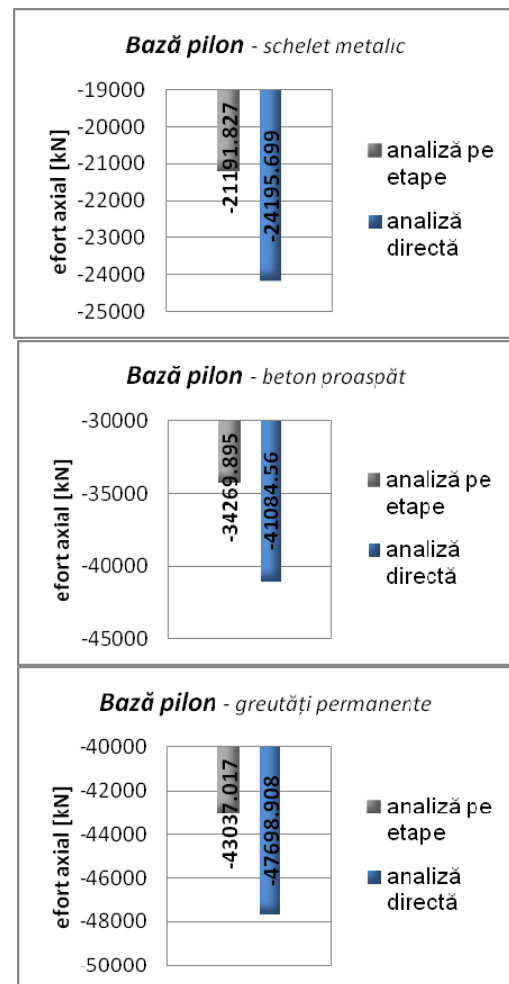
Hobană	$\bar{\delta}_i$ [m]	R_i [kN]	α_i	T_i [kN]
1	-0.0508	551.72	65	609
2	-0.0642	550	56	664
3	-0.0643	381.4	49	506
4	-0.0789	463.96	43	681
5	-0.0906	446.02	39	710
6	-0.1077	466.3	36	794
7	-0.1357	499.9	33	919
8_DC	-0.1407	261.62	31	825
8_DM	0	0		1500

**Figură 3.** Variația în timp a efortului axial în hobanele 1,4 și 8.**Figură 4.** Eforturi axiale în hobana 1 prin cele două metode de calcul.

Pentru a evidenția diferențele și avantajele efectuării unei analize neliniare, pe etape de execuție, am rulat, pe același model de calcul, doar încărcările din greutatea scheletului metalic, a betonului proaspăt și a greutăților permanente (cale, umpluturi pe trotuare etc.) pe structura finală. Se pot observa astfel diferențe apărute la nivel de eforturi și deplasări între cele două modele de calcul.

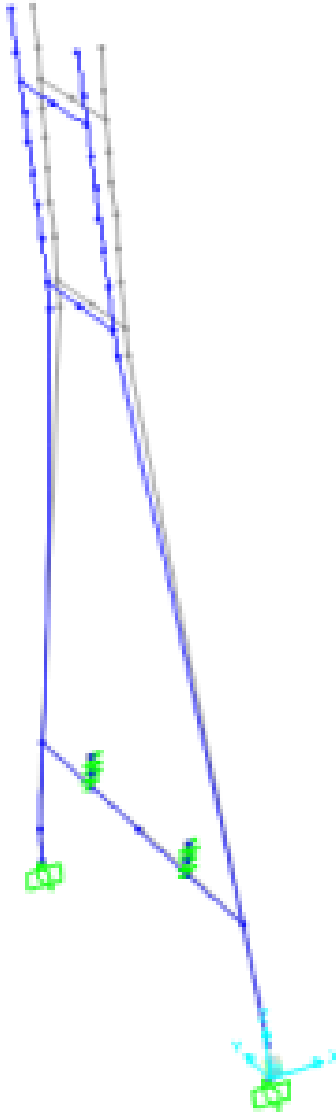
În figura 4 este prezentată o comparație între cele două modele de calcul, realizată pe baza diferențelor de efort axial în prima hoba din deschidere centrală (H1). Se observă că eforturile obținute prin analiza pe etape de execuție sunt mai mari, diferențele ajungând chiar și până la 30%.

Această comparație a fost făcută (Figura 5) și pentru eforturile de la baza pilonului (rostul elevație-radier). De data aceasta metoda directă de calcul s-a dovedit a fi acoperitoare.

**Figură 5.** Eforturi axiale la baza pilonului prin cele două metode de calcul.

Diferențe mari între cele două metode se pot observa în figura 6, unde este prezentată o comparație între deplasările la vârful pilonului obținută prin cele două metode de calcul analizate.

Diferențele mari sunt explicate de faptul că în cazul analizei neliniare, pe etape de execuție, efortul de tensionare în hobane a fost controlat și contra-săgeata scheletului metalic a fost dată din tensionarea cablurilor.



etapa de execuție	deplasări pe orizontală [mm]	
	analiză pe etape	analiză directă
schelet metalic	-0.151056	-0.011188
beton proaspăt	-0.021186	0.106845
greutăți permanente	0.039665	0.187582

Figură 6. Comparare între deplasările la vârful pilonul obținute prin cele două metode de calcul.

3. CONCLUZII

În această lucrare a fost analizat modelul de calcul a unui pod hobanat considerându-se etapele de execuție. Metoda de execuție aleasă pentru structura propusă a fost metoda execuției în consolă. În acest scop a fost realizat un model spațial cu elemente finite, în programul de calcul CSi Bridge v15.2.0, program ce permite utilizarea unui caz de analiză neliniară pe etape de execuție. O astfel de analiză pune în evidență variația în timp a stării de eforturi și deplasări în elementele structurale. Obținând starea de deplasări în fiecare etapă de execuție se pot determina eforturile necesare de tensionare a hobanelor.

Pentru verificarea rezultatelor obținute a fost efectuată și o analiză direct pe structura finală. Compararea rezultatelor a evidențiat avantajul și necesitatea efectuării unui calcul pe etape de execuție. A fost evidențiat faptul că pe modelul de calcul direct pe structura finală nu poate fi controlat efortul în hobane, aspect foarte important ce trebuie avut în vedere la calculul podurilor cu hobane.

Bibliografie

1. Niels J. Gimsing. *Cable Supported Bridges-Concept and Design*, John Wiley&Sons Ltd., 1983.
2. Marko Justus Grabow. *Construction Stage Analysis of Cable-Stayed Bridges*. Thesis submitted to the Faculty of Technical University of Hamburg, 2004.
3. Walter Podolny, John B. Scalzi. *Construction and Design of Cable Stayed Bridges - Second Edition*, John Wiley&Sons Ltd., 1986.
4. M.S.Troitsky. *Cable Stayed Bridges: Theory and Design - Second Edition*, BSP Professional Books, 1988.

Recomandat spre publicare: 16.01.2013.