

MODELE DE CALCUL UTILIZATE ÎN PROIECTUL DE ÎNCERCARE AL PODURILOR DE PE SECTORUL DE AUTOSTRADĂ ORĂȘTIE-SIBIU

Conf.dr.ing. Ionuț Radu Răcănel

Asist.dr.ing. Marian Daraban

Asist.ing. Ionuț Păunescu

Asist.ing. Vlad Urdăreanu

Departamentul de Rezistența Materialelor, Poduri și Tuneluri

Facultatea de Căi Ferate, Drumuri și Poduri

Universitatea Tehnică de Construcții București

ABSTRACT

The final stage of a bridge construction, before putting the structure in service, consists in static and dynamic testing of the structure, in order to prove its resistance capacity under service loads.

The Eurocodes introduced as compulsory design standards around Europe a couple years ago do not state a way to perform the testing of a bridge. And this is because each country has specific conditions and the rules should apply in a different manner.

This paper presents the results obtained using several different numerical models on a bridge situated on the motorway between Orăștie and Sibiu, applying the test convoys as used in real test performed on the bridge. The differences obtained for the measured parameters are shown in explicit graphs together with appropriate comments.

1. INTRODUCERE. DESCRIEREA STRUCTURII ANALIZATE

Încercarea structurilor de poduri are drept scop evaluarea răspunsului acestora sub efectul acțiunilor de probă ce le solicită și validarea sau invalidarea, în urma interpretării rezultatelor încercării, a proiectului de execuție. Deoarece normele Europene, introduse și în România, nu precizează o modalitate de a testa performanțele unei structuri de pod, norma de referință utilizată în țara noastră pentru realizarea proiectelor de încercare a podurilor de șosea este standardul STAS 12504-86.

Încercarea podurilor se realizează în baza unui proiect de încercare și cuprinde două etape: încercarea în regim static de încărcare și încercarea în regim dinamic de încărcare.

Structura prezentată în această lucrare este viaductul situat între km 73+040.32-73+285.32 de pe Lotul 4 al autostrăzii Orăștie-Sibiu (Figura 1). Lungimea podului este de 254.30m și este acoperită cu următoarea succesiune de deschideri: 32.50+3×60+32.50m. În plan, podul este amplasat în curbă cu raza de 2670m, iar în elevație are o pantă longitudinală cuprinsă între 1.3 și 4.5%. Suprastructura este o grindă continuă pe cinci deschideri, dispozitive de rost fiind prevăzute doar la capete, la rosturile de pe culee. Partea carosabilă constă în câte două benzi de circulație pe fiecare sens de mers având fiecare lățimea de 3.50m și câte o bandă de staționare de urgență cu lățimea de 2.75m. Lățimea părții carosabile pe fiecare sens de mers este de 12.00m, iar panta transversală a căii este de 2.5%.

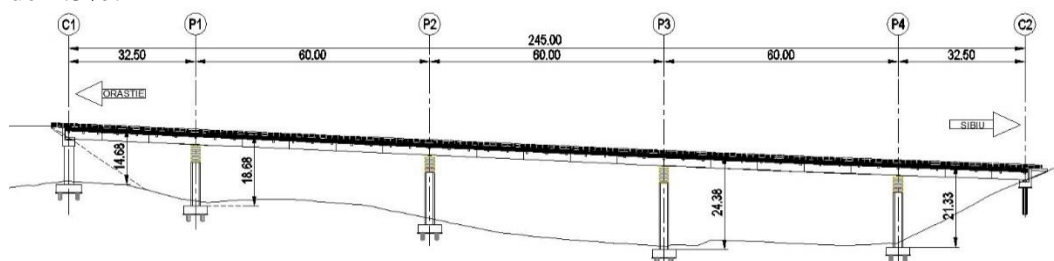


Figura 1 - Vedere în elevație a viaductului

Suprastructura podului este realizată cu secțiune mixtă oțel-beton, conlucrarea realizându-se la nivelul tălpilor grinzilor principale și al antretoazelor prin intermediul conectorilor flexibili de tip dorn (Figura 2).

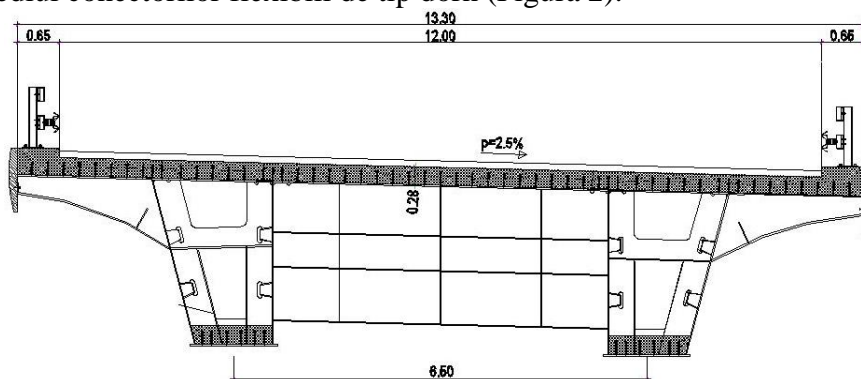


Figura 2 - Secțiune transversală prin suprastructura viaductului – cadru de capăt (pe pile și culee)

Infrastructura podului constă în patru pile (P1-P4) și două culee C1 și C2. Înălțimea elevației pililor variază între 14.60 și 24.50m. Forma pililor este cea a literei „Y”. Rezemarea suprastructurii pe infrastructură s-a realizat utilizând aparate de reazem unidirecționale și dispozitive de absorbție a șocului. Aparatele fixe sunt dispuse pe pilele P3.

Încercarea în regim static constă în dispunerea pe suprastructura podului a unor convoaie de probă formate din vehicule cântărite în prealabil și a căror geometrie și repartiție a încărcării pe fiecare osie sunt cunoscute.

Numărul și greutatea vehiculelor de încercare (Figura 3) precum și pozițiile acestora pe structură se stabilesc astfel încât, eforturile și deformațiile produse pe durata încercării să fie apropiate de starea de solicitare produsă de convoaiele de calcul utilizate la proiectare.

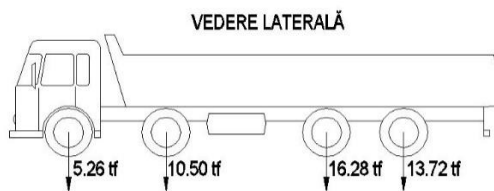


Figura 3 - Vehicul utilizat pentru încercare

2. PREZENTAREA MODELELOR DE CALCUL

2.1. Modelare cu elemente bidimensionale de tip „shell”

Primul model de calcul tridimensional utilizat a fost cel realizat cu elemente finite bidimensionale, cu comportare de placă și membrană. Forma și dimensiunile elementelor finite (grosimea acestora) au fost alese astfel încât să fie respectate cât mai fidel geometria și dimensiunile structurii reale (Figura 4).

Elementele de infrastructură nu au fost modelate întrucât s-a considerat că răspunsul în eforturi și deplasări pe direcție verticală al suprastructurii nu este semnificativ influențat de prezența în model a infrastructurilor.

Utilizând acest model de calcul au fost realizate analize statice liniare și dinamice considerând acțiunea convoaielor de calcul LM1 (conform SR 1991-2:2005) și a convoiului de probă amplasat pe structură conform schemelor de încărcare.

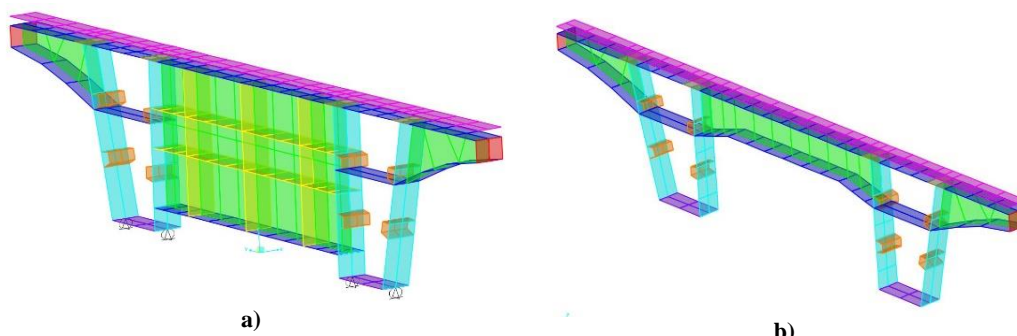


Figura 4 - Vederi ale unui cadru de capăt (a) și a unui cadru curent (b) modelate cu elemente finite bidimensionale

2.2. Model cu elemente finite unidimensionale de tip „bară”

Pentru validarea rezultatelor obținute a fost realizat un al doilea model, de data aceasta mai simplu, cu elemente finite de tip „bară” utilizând metoda rețelei plane de grinzi.

Tablierul a fost modelat ca o rețea de grinzi cu elemente finite unidimensionale, rectilinii, de tip „bară” (frame), cu două noduri, având activate câte 6 grade de libertate la fiecare nod (3 translații și 3 rotații). Caracteristicile fizico-mecanice ale materialelor utilizate în model descriu comportarea elementelor structurale în domeniul liniar elastic. Modelul cu elemente finite unidimensionale este prezentat în Figura 5.

Acțiunile utilizate în analizele efectuate au fost aceleași ca și în cazul modelului prezentat anterior.

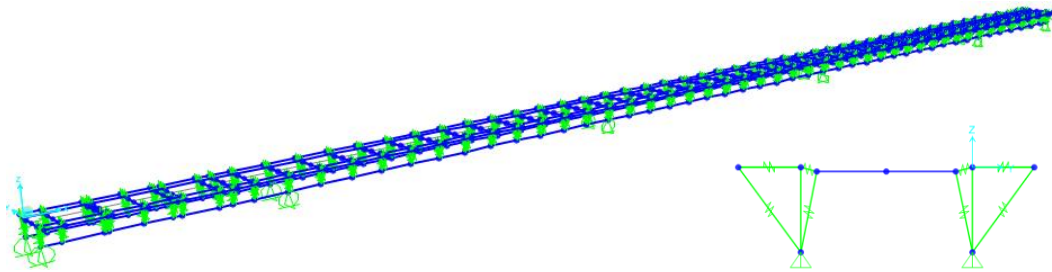


Figura 5 - Model cu elemente finite unidimensionale de tip „bară”

3. PREZENTAREA ÎNCERCĂRILOR EFECTUATE PE POD

Pentru verificarea răspunsului structurii au fost realizate încercări în regim static pe toate deschiderile cu vehiculele poziționate cât mai aproape de câmp, atât central cât și excentric în sens transversal. Au fost de asemenea realizate încercări în regim dinamic în centrul fiecărei deschideri cu diferite viteze de deplasare ale vehiculelor de 10 km/h, 30 km/h, 50 km/h și 70 km/h. Din cauza limitărilor impuse de spațiul alocat lucrării, în continuare va fi prezentată doar încercarea statică de pe prima deschidere, cu vehiculele poziționate excentric, așa cum sse arată în Figura 6.

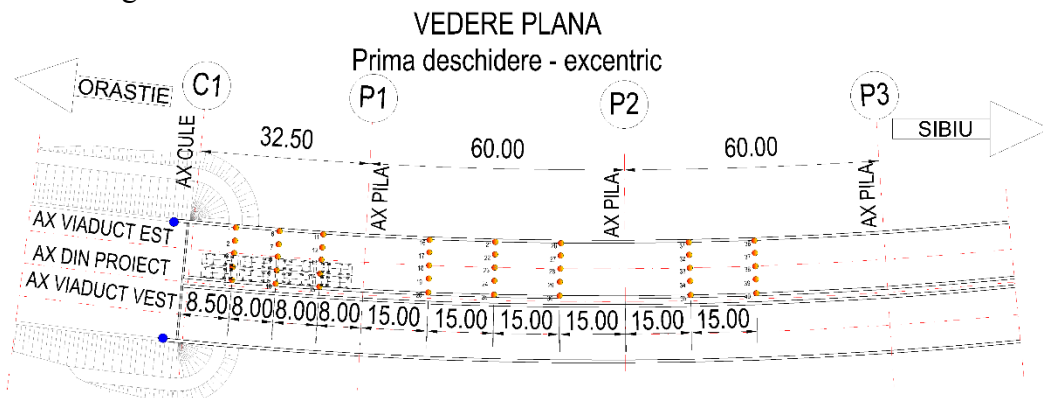


Figura 6 – Vedere plană cu poziționarea vehiculelor pentru încercarea prezentată

S-au utilizat 8 autocamioane, fiecare cu o greutate de aproximativ 40 tone, amplasate în sens longitudinal câte 4, spate în spate, cât mai aproape de centrul deschiderii, iar în sens transversal pe 2 rânduri cu distanța între osii, respectiv între bordură și osie de 50cm.

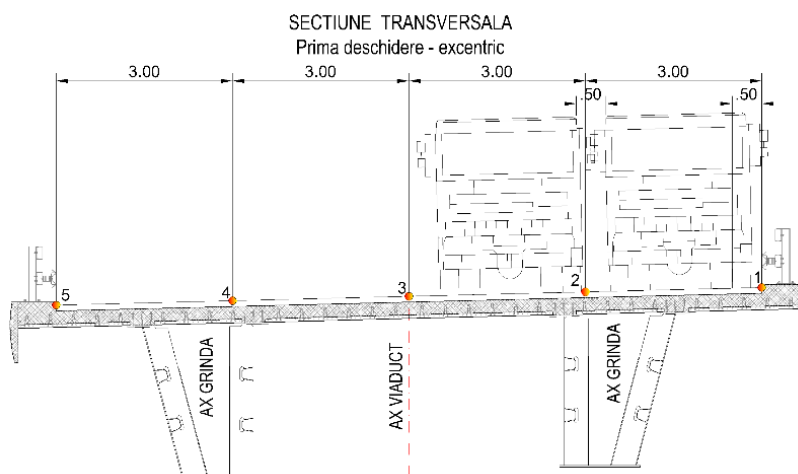


Figura 7 – Secțiune transversală cu poziționarea vehiculelor pentru încercarea prezentată

Deplasările au fost măsurate în lungul podului în 8 secțiuni transversale a câte 5 puncte fiecare, dintre care 3 în deschiderea curentă (la jumătatea și la sferturile deschiderii), 3 în a doua deschidere și 2 în cea de-a treia.

4. REZULTATE OBȚINUTE

În graficele din Figura 8 următor sunt prezentate deplasările verticale obținute din calcule și cele măsurate în 3 secțiuni specifice ale primei deschiderii (martorii 1-5 sfertul din stânga, martorii 6-10 câmp, martorii 11-15 sfertul din dreapta).

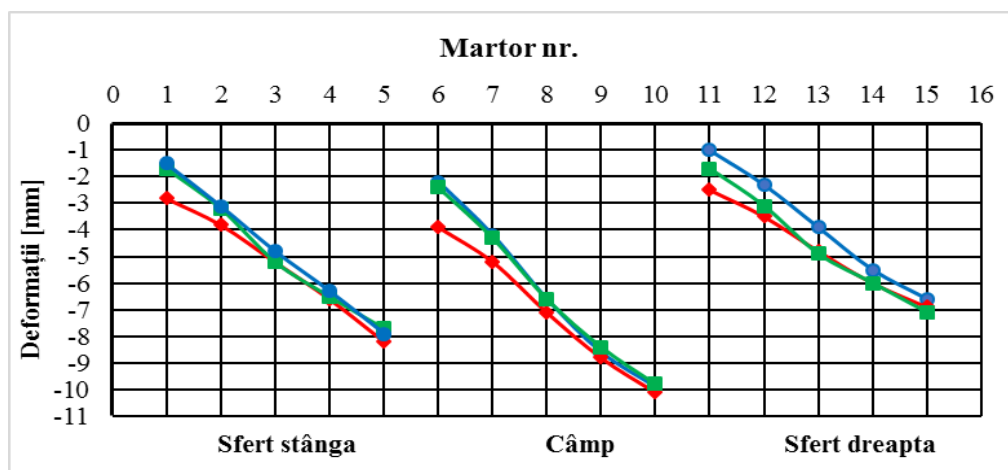


Figura 8 – Grafic comparativ cu deformațiile înregistrate și cele calculate

Deplasările maxime înregistrate sunt în câmp și au valorile de 10.1mm în modelul cu bare, 9.9mm conform măsurătorilor și 9.8mm în modelul cu elemente bidimensionale. După cum era de așteptat, în toate cele 3 secțiuni suprastructura este torsionată în sens orar datorită încărcării excentrice cu rotații maxime de 8.41×10^{-3} rad la modelul cu bare, 8.25×10^{-3} rad măsurat și 8.17×10^{-3} rad la modelul cu elemente bidimensionale.

5. CONCLUZII

În ceea ce privește deformațiile pe verticală, s-a determinat că modelul bidimensional cu elemente de tip bară prezintă valori mai mici față de realitate, oferind o precizie de 88.3%, acesta având deplasări mai mari față de realitate cu 2% până la 22.5%, în medie cu 15.7%. La modelul tridimensional cu elemente bidimensionale s-au înregistrat de asemenea valori mai mici față de realitate, dar cu diferențe mai mici, cu o precizie de 95.5%. Deplasările în acest caz au diferit față de cele reale cu -1.1% până la 13.3%, în medie cu 5.2%.

În ceea ce privește torsionarea secțiunii, modelul cu bare a prezentat o rotație generală cu 3.3% mai mică, iar cel tridimensional cu 2.2% mai mare.

Se poate concluziona că modelul bidimensional realizat cu rețeaua plană de grinzi este mai rigid atât în sens vertical cât și din punctul de vedere al torsiunii prin comparație cu situația reală. Modelul tridimensional este de asemenea mai rigid în sens vertical, dar mai flexibil din punct de vedere al rigidității la torsiune generală. Cu toate acestea, diferențele între modele și cazul real în ceea ce privește torsiunea sunt suficient de mici pentru a putea fi neglijate. Diferențe semnificative s-au observat în cazul săgeților calculate, unde modelul tridimensional este mult mai precis, dar necesitând și o putere de calcul mult mai mare.

BIBLIOGRAFIE

E.C.HAMBLY – Bridge Deck Behaviour. E&FN SPON. An imprint of Chapman&Hall, London, 1991

E.J.O'BRIEN, D.L.KEOGH – Bridge Deck Analysis. E&FN SPON, Taylor& Francis Group, New York, 1999

G.A.ROMBACH - Finite Element Design of Concrete Structures. Practical problems and their solutions. Thomas Telford, London, 2004

STAS 12504-86 - Încercarea suprastructurilor cu acțiuni de probă

SR EN 1991-1-2:2004 – Acțiuni asupra structurilor

SR EN 1993-1-1:2006 - Proiectarea structurilor de oțel