A XIV-a Conferinţă internaţională – multidisciplinară,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2014

EVALUAREA TEORETICĂ A PERFORMANȚELOR UNEI BARIERE DE SIGURANȚĂ RUTIERĂ

Tiberiu Ștefan MĂNESCU, Eugen-Marius AFRONIE,
Ana Diana ANCAȘ, Răzvan Silviu AVRAM

THEORETICAL PERFORMANCE EVALUATION OF A TRAFFIC SAFETY BARRIER

By definition, the railing is a wall or a railing of little height which serves to delimit the edge of a road, a bridge, aimed at stopping vehicles and restoration mainly on the carriageway, pedestrians and conveyance of other road users. Protective guardrail road safety ensures good road contact because a vehicle deforms elastically, annihilating shock.

Keywords: enclosures, endurance, steel, deformation, protection
Cuvinte cheie: carcase, rezistență, oţel, deformare, protecţie

1. Generalităţi

Prin definiţie, parapetul de protecţie este un perete sau o balustradă de înălţime mică care serveşte la delimitarea marginii unei şosele, a unui pod etc. având ca scop primordial oprirea autovehiculelor şi readucerea acestora pe partea carosabilă, asigurarea dirijării pietonilor şi ai altor utilizatori ai drumurilor. De asemenea, parapetul de siguranţă este amplasat pe sectoarele de drum periculoase din punct de vedere al siguranţei circulaţiei, pentru protejarea vehiculelor împotriva ieşirilor de pe platforma drumului şi pentru ghidarea optică a acestora. Proiectarea barierelor metalice de protecţie a fost concepută în scopul ajustării propriei geometrii in funcţie de forţa ce se produce în

momentul impactului, reacţionând elastic la efectul acesteia. Parapetele de protecţie pentru drumuri asigură o bună siguranţă a circulaţiei rutiere datorită faptului că la contactul cu un autovehicul se deformează elastic, anihilând şocul. Parapetul de siguranţă face parte din clasa de "Dispozitive de protecţie a vehiculelor". Acesta se montează pe acostament sau pe banda mediană a drumului.

2. Evaluarea teoretică a performanțelor unei bariere de siguranță rutieră

Se propune ca variantă de lucru bariera de securitate H3 BP fabricată de Marcegaglia Buildtech. Atestarea conformităţii şi stabilirea nivelului de protecţie H3, fără efectuarea încercării la şoc, a barierei de protecţie cu încadrarea lăţimii de lucru în clasa W5 (<1,7 m), adaptând tipul de barieră H4b, încercată la şoc, prin mărirea distanţei dintre stâlpi, de la 1,5 m la 2,25 m, constă în dezvoltarea unor raţionamente, studii şi analize care au la bază următoarele argumente:

▪ evaluarea capacităţii de protecţie a unei bariere de protecţie încadrată în clasa H4b pe baza încercărilor la şoc şi încadrarea acesteia în clasa H3 poate fi realizată impunând condiţia de asigurare a rezistenţei mecanice de control la aceeaşi valoare, în ambele cazuri de clasificare, pentru deformaţii dinamice diferite [1], [2].

▪ metodele de analiză dezvoltate se aplică pe baza teoremei variaţiei energiei cinetice şi a lucrului mecanic al forţei de impact, la care este supusă bariera în actul ciocnirii, având ca răspuns deformaţia elastică maximă Δ a barierei.

▪ practica inginerească de calcul şi verificare a rezultatelor obţinute pentru deformaţia elastică dinamică şi lăţimea de lucru este acceptată şi promovată în materie. De exemplu, lucrările [3], [4], [5], [6] se constituie ca elemente de conduită, raţionament tehnic şi procedură de analiză.

Evaluarea s-a realizat cu metoda de calcul dezvoltată de ICECON [7]. Elementul de evaluat prin calcul este bariera H4 BP fabricată de Marcegaglia Buildtech, cu trei unde iar distanţă între stâlp (reazeme) l_4 = 1,5 m.

3. Datele încercărilor la șoc pentru bariera H4BP și performanțele barierei H3BP

a) Încercarea la şoc cu vehicul uşor

Raport de încercare nr. 671/23.04.2010, eliberat de AISICO Italia prin încercare la şoc TB 11, conform SR EN 1317-2, tabel 1, astfel:

Date inițiale:

- autoturism cu masa m = 900 kg;
- viteza de impact v = 100 km/h;
- unghiul de impact α = 20°.

Rezultate:

- deformaţie dinamică maximă Dm = 0,2 m;
- ASI = 1,0;
- THIV = 25 km/h (< 33 km/h);
- PHD = 20g (< 20 g).

b) Încercarea la şoc cu vehicul greu

Raport de încercare nr. 688/23.04.2010, eliberat de AISICO Italia pentru încercarea la şoc TB 81, conform SR EN 1317-2, tabel 1, astfel:

Date inițiale:

- vehicul greu articulat cu masa m = 38 000 kg;
- viteza de impact v = 65 km/h;
- unghiul de impact α = 20º;
- vehicul greu articulat utilizat efectiv cu masa m = 37 255 kg;
- viteza de impact efectivă v = 65,5 km/h;
- unghiul de impact α = 20º.

Rezultate:

- deformaţie dinamică maximă D_m = 1,0 m;
- lăţime de lucru barieră S = 0,5 +1,0 = 1,5 m;

$$\Delta W^{n}_{c4} = 721{,}33 \quad kJ$$

- energie cinetică pe direcţie normală la barieră;
- nivel de protecţie H4b, conform SR EN 1317-1, tabel B.1.

c) Performanţe ale barierei H3 BP

Încercarea la şoc trebuie să satisfacă următoarele cerinţe parametrice conform SR EN 1317-2, tabel 1:

- tipul încercării TB 61;
- vehicul greu nearticulat cu masa m = 16 000 kg;
- viteza de impact v = 80 km/h;
- unghiul de impact α = 20°.

Conform SR EN 1317-1 tabel B.1, energia cinetică pe direcție normală la barieră este $\Delta W^{n}_{c3} = 462{,}1 \ \ kJ$, iar nivelul de protecție este H3 [8].

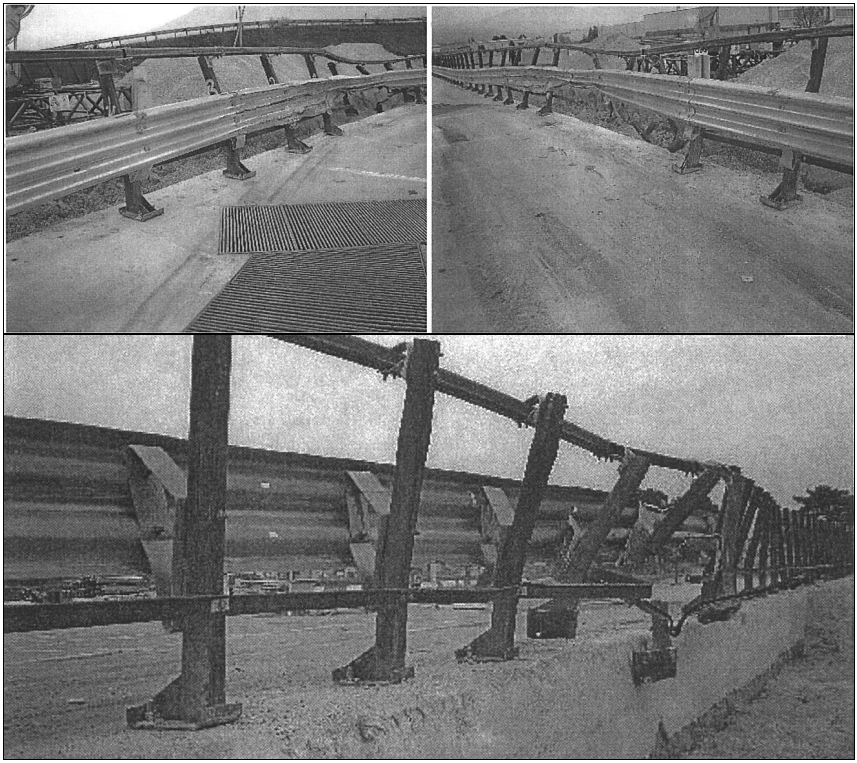

Fig. 1 Fotografii ale barierei de protecție post-impact

4. Determinarea deformaţiei dinamice maxime pentru H3BP, pe baza încercării dinamice la şoc efectuată pentru H4BP

4.1. Barieră H3BP cu distanţa între stâlpi l_4 = 1,5 m

Mărimile fizico-mecanice ale sistemului vehicul de încercare-barieră de securitate vor fi notate după cum urmează:

a) indice "3" pentru nivelul de protecţie H3, adică pentru bariera H3BP, cu distanță între stâlpi $l_3 = l_4 = 1{,}5$ m. Astfel:

- masa vehiculului m_3 = 16 000 kg;
- viteza v_3 = 80 km/h;
- unghiul de impact α = 20°;
- energia cinetică pe direcţia normală la barieră

$$\Delta W^{n}_{c3} = 462{,}1 \quad \text{kJ};$$

b) indice "4" pentru nivelul de protecţie H4b, adică pentru bariera H3BP, cu distanță între stâlpi l_4 = 1,5 m. Astfel:

- masa vehiculului de încercare m_4 = 37 255 kg
- viteza v_4 = 65,5 km/h;
- unghiul de impact α = 20°;
- energia cinetică pe direcția normală la barieră

$$\Delta W^{n}_{c4} = 721{,}33 \quad \text{kJ}.$$

c) condiţia de rezistenţă la deformaţii elastice maxime

Teorema energiei cinetice pentru sistemul vehicul de încercare-barieră elastică cu variaţia normală a vitezei la barieră $\Delta v_n = v \sin\alpha - 0$ poate fi aplicată astfel:

$$\Delta W_c^{\,n} = L_{def} = L_{el} \tag{1}$$

în care:

$$\Delta W_c^{\,n} = W_c - 0 = \frac{1}{2} m (v \sin\alpha)^2 \quad \text{și} \quad L_{el} = \overline{F}\Delta \text{ unde:}$$

L_{el} - lucrul mecanic al forței elastice medii corespunzător deformației elastice maxime Δ a barierei; W_c - energia cinetică a sistemului vehicul-barieră, în momentul inițial al actului ciocnirii (percuției) considerată plastică adică, cu contactul permanent al vehiculului cu bariera.

Astfel avem:

$$W_c = \overline{F}\Delta \text{ de unde se obține:}$$

$$\overline{F} = \frac{W_c}{\Delta} = \frac{m v_n^{\,2}}{2} \frac{1}{\Delta} \tag{2}$$

Pentru cele două tipuri de bariere H4BP și H3BP avem:

$$\overline{F}_4 = \frac{m_4 (v_4 \sin\alpha)^2}{2\Delta_4} \quad \text{și} \quad \overline{F}_3 = \frac{m_3 (v_3 \sin\alpha)^2}{2\Delta_3}$$

Condiția de rezistență trebuie să fie satisfăcută de atingerea tensiunilor egale la încovoiere, adică momentul încovoietor pentru ambele situații să fie același. Avem astfel:

$\frac{\overline{F}_4 l}{4} = \frac{\overline{F}_3 l_3}{4}$ de unde forța medie, în acest caz este dată de relația:

$$\overline{F}_3 = \overline{F}_4 = \overline{F} = \frac{W_{c4} l_4}{\Delta_4} = \frac{W_{c3} l_3}{\Delta_3} \text{ sau } \frac{m_4}{m_3}\left(\frac{v_4 \sin\alpha}{v_3 \sin\alpha}\right)^2 = \frac{\Delta_4}{\Delta_3}\frac{l_3}{l_4} \quad (3)$$

Notând rapoartele adimensionale sub forma:

$$\frac{m_3}{m} = \mu; \frac{v_4}{v_3} = v; \frac{l_3}{l} = \lambda \text{ rezultă } \mu v^2 = \frac{\Delta_3}{\Delta_4}$$

Numeric, pentru cazul analizat, avem:

- $\lambda = 1$;
- $\mu = \frac{27255}{16000} = 2{,}32$;
- $v = \frac{65{,}5}{80} = 0{,}81875$;
- $v^2 = 0{,}67035$;
- $\Delta_4 = 1{,}0m$.

Deplasarea elastică maximă Δ_3 este: $\Delta_3 = \Delta_4 \frac{\lambda}{\mu v^2}$, iar numeric obținem:

$$\Delta_3 = \frac{1}{2{,}32 \cdot 0{,}67035} = 0{,}64 \quad \text{m} \quad (4)$$

Deplasarea laterală (lățimea) de lucru a barierei este:

D_3 = 0,50+0,64 = 1,14 m < 1,3 m (clasa W_4 conform Tabel 1 din SR EN 1317-2) [8].

4.2. Barieră H3BP cu distanţa între stâlpi l_3 = 2,25 m

Din condiția de moment egal pentru cele două situații, avem:

$$\frac{\overline{F}_4}{\overline{F}_3} = \frac{l_3}{l_4} = \lambda = \frac{2{,}25}{1{,}5} = 1{,}5 \quad (5)$$

Astfel obținem:

$$\overline{F}_4 = \frac{W_{c4}}{\Delta_4}\overline{F}_3 = \frac{W_{c3}}{\Delta_3} \text{ de unde:}$$

$$\frac{\overline{F}_4}{\overline{F}_3} = \frac{\Delta_3}{\Delta_4}\frac{m_4}{m_3}\left(\frac{v_4 \sin\alpha}{v_3 \sin\alpha}\right)^2 = \lambda \text{ sau } \frac{\Delta_3}{\Delta_4}\mu v^2 = \lambda .$$

În final avem deformația dinamică maximă Δ_3 sub forma:

$$\Delta_3 = \frac{\lambda \Delta_4}{\mu v^2} \text{ sau } \Delta_3 = \frac{1,5 \cdot 1}{2,32 \cdot 0,67035} = 0,96 \text{ m} \qquad (6)$$

Deplasarea laterală (lățimea) de lucru a barierei este:

D_3 = 0,5 + 0,96 = 1,46 < 1,7 m (clasa W_5 conform Tabel 1 din EN 1317-2) [8].

5. Concluzii

Ţinând seama de valorile relativ apropiate din cele două calcule numerice şi de faptul că relaţia deformaţiei dinamice este aceeaşi pentru ambele metode, se constată următoarele:

■ bariera H3BP poate avea distanţa între stâlpi de 2,25 m;

■ nivelul de protecţie asigurat este H3, cu următoarele caracteristici:

- deformaţia dinamică maximă este $D_{max} = \Delta_3 = S_3$ = 0,96 m;
- lăţimea de lucru a barierei este W = 0,5 + 0,96 = 1,46 m care se încadrează în clasa lăţimii de lucru W_5 < 1,7 m (conform tabel 4, SR EN 1317-2);

■ nivelul de severitate a impactului, corespunzător tipului de încercare TB 11, este dat de următorii parametri:

- indice ASI = 1;
- nivel de severitate A;
- THIV = 25 km/h < 33 km/h;
- PHD = 20 g ≤ 20 g.

Astfel, în urma interpretării rezultatelor, se constată următoarele concluzii și contribuții finale:

● Evaluarea prin calcul numeric a capacităţii de rezistenţă şi protecţie pentru bariera H3BP, cu distanţa între stâlpi de 2,25 m, fără încercare la şoc, prin aplicarea metodelor de analiză şi echivalenţă energetică pentru bariera H4b - cu încercare la şoc, în conformitate cu SR EN 1317-2;

● Posibilitatea încadrării barierei analizate din clasa H4b, în clasa inferioară H3, cu caracteristicile determinate anterior, fără efectuarea suplimentară a testului de impact, ceea ce conduce la scăderea considerabilă a costurilor pentru identificarea clasei în care se încadrează o barieră de siguranță rutieră.

BIBLIOGRAFIE

[1] Pană, T., Pastramă, Ş. D., *Integritatea structurilor metalice*, Editura Fair Partners, Bucureşti, 2000.
[2] Radeș, M., *Rezistența Materialelor*, vol. I, Editura Printech, București, 2004.
[3] Albin, R., *Revised Medicare Barrier Guidelines for the AASHTO Roadside Design Guid*e, Annual Meeting of the AASHTO, Chicago, 2008.
[4] Kammel, Ch., *Vorhersage der Wirkungsweise nachgiebiger Schutzeinrichtungen fur den Strassenverkehr*, Shaken Verlag, Aachen, 2008.
[5] Ray, M.H., Engstrand, K., McGinnis, R.G., *Imbunătăţiri aduse sistemelor de parapete*, Massachussets: Worcester Polytechnic Institute, 2001.
[6] * * * pr.EN 1317-2:2010 CEN/TC 226, N 08-028 pentru revizuirea şi înlocuirea EN 1317-2:1998 şi EN 1317-2/A1:2005.
[7] Bratu, P., Jiga, G., Bădescu, N., *Design of a safety barrier device destined for the impact testing*, Conference CEEX 2007, C211, Section 3 - Engineering Sciences.
[8] Afronie, E-M., *Analiza comportării dinamice la impact a barierelor pentru protecția vehiculelor la deplasarea pe căile rutiere*, Teză de doctorat, Universitatea “Eftimie Murgu” din Reșița, 2013.

Prof. Univ. Dr. Ing. Tiberiu Ștefan MĂNESCU
Universitatea “Eftimie Murgu” din Reșița,
membru AGIR
e-mail: t.manescu@uem.ro

Dr. Ing. Eugen-Marius AFRONIE,
Universitatea “Eftimie Murgu” din Reșița,
membru AGIR
e-mail: e.afronie@uem.ro

Dr. Ing. Ana Diana ANCAȘ,
Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași
e-mail: ancas05@yahoo.com

Drd. Ing. Răzvan Silviu AVRAM,
Universitatea “Eftimie Murgu” din Reșița,
e-mail: s.avram@uem.ro