

# CALCULUL STRUCTURILOR FLEXIBILE AEROPORTUARE

*Conf.dr.ing. Carmen Răcănel, Ș.I.dr.ing. Claudia Petcu*

*Universitatea Tehnică de Construcții București România, Facultatea de Căi  
Ferate, Drumuri și Poduri*

## ABSTRACT

This paper aims to draw up comparison between the requirements for an airport asphalt mixture and road asphalt mixture from laboratory point of view and for an airport pavement and road pavement from design point of view and materials used.

Asphalt mixtures for airport present certain features comparatively to those for highways, main roads or streets of different technical categories, from composition point of view. Also, laboratory studies include additional specific tests according to European norms in the case of asphalt mixtures for airport. Beside this, the design of an airport pavement is different from those of a road pavement.

## 1. INTRODUCERE

Asemănător structurilor pentru drumuri și structurilor aeroportuare sunt împărțite în structuri flexibile, rigide, precum și mixte.

Structurile folosite pentru drumuri, cât și cele folosite pentru aeroporturi fac parte din aceeași familie structurală, ambele având același rol, și anume trebuie să construiască o platformă rezistentă la un nivel de trafic dat, iar desfășurarea traficului trebuie să se facă în condiții de securitate și confort.

Aerodromurile sunt alcătuite din diverse suprafețe specializate, și anume : piste de aterizare/ decolare, căi de rulare, bretele, suprafețe de staționare/ întreținere. Datorită specificului suprafețelor aeroportuare, solicitările din trafic sunt diversificate [1].

Caracteristicile esențiale care diferă între suprafețele de drum și suprafețele aeroportuare se datorează încărcărilor aplicate. În cazul drumurilor încărcările aplicate prezintă o ușoară dispersie laterală (dacă banda de circulație este mai mică de 3.5 m, în aliniament) care generează fenomenul de ornieraj iar în cazul aeroporturilor traficul este dispersat (în special pe piste) din cauza diversității configurațiilor trenurilor de aterizare [2], [3].

Frecvența încărcărilor, este diferită în cazul suprafețelor aeroportuare față de drumuri: câteva mii (zeci de mii)/ zi în cazul drumurilor foarte circulat și doar câteva sute/zi pentru aeroporturile foarte circulat.

Traficul aeronautic este sensibil diferit de traficul rutier. În domeniul rutier încărcarea pe osie este variabilă de la țară la țară este de ordinul a 100 KN, cu o presiune pneumatică de ordinul a 0.8MPa. În domeniul aeronautic un avion poate transmite mai mult de 900 KN, cu o presiune pneumatică standard de 1.25 MPa, care poate ajunge la 1.5 – 1.7MPa.

Pe drumuri viteza de proiectare este variabilă, funcție de clasa tehnică a drumului (mai mică de 130 km/h) iar pe suprafețele aeroportuare este independentă de aeroport/ țară (continuu variabilă pe pista de aterizare – decolare: mai mare de 300 km/h și constantă pe căile de rulare).

Particularitățile acestor suprafețe (drum, aeroport) sunt date de planeitate, aderență, rugozitate, condițiile de mediu și devierea, întreruperea traficului.

În domeniul rutier planeitatea are implicații directe asupra confortului și securității pasagerilor, pe când în domeniul aeronautic planeitatea influențează siguranța în rulare, manevrele de aterizare – decolare. Planeitatea are o mare influență asupra deteriorării aeronavelor. Aderența este importantă atât în cazul drumurilor, unde poate să apară fenomenul de polisaj, cât și în cazul pistele aeroportuare unde uzura cauciucurilor este mare și apar depuneri de cauciuc importante. Devierea sau întreruperea traficului pentru intervenții asupra structurii rutiere în cazul drumurilor nu reprezintă o problemă foarte mare, datorită rutelor ocolitoare, pe când în cazul suprafețelor aeroportuare reprezintă o problemă importantă [2], [3].

Obiectivele lucrării se referă la prezentarea asemănărilor și diferențelor între o structură flexibilă de drum și una aeroportuară atât din punct de vedere al dimensionării cât și al materialelor utilizate.

## **2. DIMENSIONAREA STRUCTURII FLEXIBILE**

### **2.1. Structuri rutiere**

Dimensionarea structurilor flexibile pentru drumuri se face în țara noastră conform Normativului PD 177 și presupune următoarele etape [4]: stabilirea traficului de calcul corespunzător perioadei de perspectivă, exprimat în osii standard de 115KN, echivalent vehiculelor care vor circula pe drum; stabilirea capacității portante la nivelul patului drumului funcție de tipul pământului, de tipul climateric al zonei în care se situează drumul și de regimul hidrologic al complexului rutier; alegerea unei alcătuirii a structurii rutiere având în vedere materialele preponderente în regiune, grosimile minime constructive, grosimile maxime, etc.; analiza structurii rutiere la solicitarea osiei standard având în vedere grosimea fiecărui strat și caracteristicile de deformabilitate ale materialelor și ale pământului de fundare; stabilirea comportării sub trafic a structurii rutiere presupune compararea valorilor deformației specifice calculate cu cele admisibile. Aceasta presupune respectarea criteriului deformației specifice de întindere la

baza straturilor bituminoase ( $\epsilon_r$ ), ceea ce presupune determinarea ratei de degradare la oboseală (RDO) ca raport între traficul de calcul ( $N_c$ ) și cel admisibil ( $N_{adm}$ ) și a criteriului deformației specifice verticale admisibile la nivelul pământului ( $\epsilon_z$ ).

Pentru a exemplifica cele prezentate anterior s-a considerat o structură rutieră cu următoarea alcătuire: 4 cm beton asfaltic BA 16 în strat de uzură (modul de elasticitate dinamic = 3600 MPa, coeficientul lui Poisson = 0.35), 6 cm anrobat bituminos AB 20 în strat de bază (modul de elasticitate dinamic = 5000 MPa, coeficientul lui Poisson = 0.35) 15 cm piatră spartă (modul de elasticitate dinamic = 400 MPa, coeficientul lui Poisson = 0.27), 15 cm balast (modul de elasticitate dinamic = 172 MPa, coeficientul lui Poisson = 0.27) și un pământ tip P2 (modul de elasticitate dinamic = 90 MPa, coeficientul lui Poisson = 0.30). Volumul de trafic la care este solicitată este  $N_c = 0.95$  m.o.s.(trafic greu). Cu ajutorul programului ALIZE s-au determinat valorile deformațiilor specifice care s-au comparat cu cele admisibile conform tabelului 1.

Tabelul 1

Verificare structură rutieră flexilă pentru drumuri

$\epsilon_r$ , microdef	$\epsilon_z$ , microdef	RDO	$\epsilon_z$ , admisibil, microdef	RDO admisibil	$N_c$ (m.o.s)
214.5	708.4	0.70	608.7	0.90	0.95

## 2.2. Structuri aeroportuare

Există mai multe metode de dimensionare a structurilor flexibile pentru aeroporturi, și anume: Metoda franceză (SBA – STBA: Service des Bases Aeriennes – Service Technique des Bases Aeriennes); Metoda forfetară – se utilizează atunci când traficul pe durata de exploatare este estimat și nu precizat și ia în considerare un singur tip de aeronavă – prin aterizorul critic; Metoda optimizată – permite dimensionarea structurii ținând cont de toate tipurile de aeronave, considerate ca reprezentative pe durata de exploatare;

În țara noastră nu există norme de dimensionare a structurilor flexibile pentru aeroporturi, însă una din metodele de care se tine seama este metoda franceză, care presupune următoarele etape [2]: prognozarea traficului pe durata de exploatare ceea ce conduce la sarcinii de calcul; determinarea caracteristicilor pământului de fundare caracterizat prin CBR (Californian Bearing Ratio); recenzarea factorilor climatici; calculul grosimii echivalente a structurii funcție de valoarea CBR a pământului de fundare și de sarcina de calcul adoptată.

Grosimile reale ale structurii aeroportuare se obțin ținând seama de grosimile constructive și de coeficienții de echivalare care pentru materialele tratate cu lianți au în vedere influența temperaturii. Grosimile echivalente minime ale straturilor legate cu lianți se determină funcție de grosimile echivalente ale structurilor aeroportuare și de CBR.

Pentru a compara modul de dimensionare a unei structuri aeroportuare cu modul de dimensionare a unei structuri de drum s-a considerat cunoscută sarcina de calcul ce

acționează asupra unei piste aeroportuare,  $P'' = 73.2$  t, tipul aeronavei (B747-200), pământul de fundare caracterizat de  $CBR = 10$  (tip pământ P2) și un trafic ce corespunde unei perioade de exploatare de 10 ani, cu un coeficient de suprapunere de 1/3,65 și 10 mișcări pe zi. Cu ajutorul abacelor corespunzătoare tipului de aterizor și CBR-ului s-a determinat grosimea echivalentă a structurii aeroportuare = 57.25 cm. Considerând

următoarea relație pentru determinarea grosimii echivalente  $H_e = \sum_{i=1}^n h_i \cdot c_i$  și cunoscând

coeficienții de echivalare ( $c_i$ ), rezultă următoarea structură pentru aeroport: 6 cm mixtură asfaltică BBA 16 în strat de bază ( $c_i = 2$ ), 10 cm mixtură asfaltică de modul ridicat în strat de bază ( $c_i = 1.9$ ), 15 cm piatră spartă ( $c_i = 1$ ), 15 cm balast ( $c_i = 0.75$ ).

Având în vedere cele prezentate anterior se observă că atât pentru dimensionarea structurilor flexibile pentru drumuri, cât și pentru dimensionarea structurilor flexibile pentru aeroporturi se au în vedere caracteristicile mixturilor asfaltice.

### 3. MATERIALELE UTILIZATE

După cum se observă din dimensionarea structurilor flexibile, materialele utilizate în fundație sunt aceleași (balast și piatră spartă) pentru cele două tipuri de structuri. Mixtura asfaltică utilizată în stratul de bază are aceleași caracteristici pentru drum și aeroport funcție de trafic, însă cea folosită pentru stratul de uzură trebuie să satisfacă cerințe suplimentare în cazul aeroportului. De aceea în continuare sunt prezentate asemănările și diferențele între mixtura asfaltică din stratul de uzură pentru drum și aeroport din punct de vedere al alcătuirii și al încercărilor utilizate.

Pentru a putea face o comparație s-au încadrat cele două tipuri de mixturi asfaltice în standardul SR EN 13108-1 ca betoane asfaltice folosite în îmbrăcăminte.

Tabelul 1

Compoziția mixturilor asfaltice pentru drum și aeroport

	Drum – BA16 (AND 605/2013)	Aeroport – BBA16 (French Design Manual LCPC – 2007)
Granulometrie	- filer și fracțiuni din nisipuri sub 0,1 mm trebuie să fie cuprinse între 8 și 13%; - cribluri cu dimensiunea peste 4 mm, trebuie să fie cuprinse între 34 și 58%; - filer și nisip fracțiunea (0.1...4mm) trebuie să fie restul până la 100%.	- agregatele cu dimensiunea sub 16 mm trebuie să fie cuprinse între 90 și 100%; - agregatele cu dimensiunea sub 6.3 mm trebuie să fie cuprinse între 65 și 80%; - curbă granulometrică continuă sau discontinuă; - agregatele cu dimensiunea sub 2 mm trebuie să fie cuprinse între 35 și 45%.
% bitum (conform SR EN 13108-1)	5.7 % - 6.5 % ( $TL_{\min 5.6} - TL_{\min 6.4}$ )	minim 5.2 % ( $TL_{\min 5.2}$ )

Cerințele generale, empirice și cele fundamentale au în vedere compactarea giratorie, determinarea sensibilității la apă, încercarea de ornieraj, încercarea Marshall, încercarea pentru determinarea rezistenței la carburanți (doar pentru aeroport), încercarea pentru determinarea la produsele de degivrare (doar pentru aeroport) încercarea de rigiditate, încercarea de oboseală și încercarea la compresiune triaxială. Testele specifice sunt alese în funcție de nivelul de testare. Aceste nivele de testare depind în general de: tipul de mixtură asfaltică, poziția stratului de mixtură asfaltică în structură, grosimea sa, nivelul de trafic prognozat, alte solicitări speciale [6].

În continuare sunt prezentate limitele celor două tipuri de mixtură asfaltică având în vedere încercările prezentate anterior conform French Design Manual LCPC și Normativului AND 605/2013. Condițiile de încercare sunt conform standardului SR EN 13108-20, iar categoriile de valori sunt conform SR EN 13108-1 [5], [6], [7], [8].

Tabelul 2

Caracteristicile generale, empirice și fundamentale ale mixturilor asfaltice BAA 16 și BA 16.

Mixtura	Tipuri de încercări și condiții de testare conform SR EN 13108-20		
BBA16	ITSR	French Design Manuel LCPC, limite	ITSR <sub>80</sub>
BA16		Normativul 605/2013, limite	-
BBA16	Volum de goluri, 80 girații	French Design Manuel LCPC, limite	V <sub>min3</sub> , V <sub>max7</sub>
BA16		Normativul 605/2013, limite	V <sub>max5</sub>
BBA16	Încercarea la ornieraj 60°C	French Design Manuel LCPC, dispozitiv cu dimensiuni mari, limite	P <sub>10</sub>
BA16		Normativul 605/2013, dispozitiv de dimensiuni mici, procedura B, condiționare în aer, limite, max.%	PRD <sub>AIR5.0</sub> WTS <sub>AER 0.50</sub>
BBA16	Încercarea Marshall  - Stabilitate (S) - Fluaj (F) - Raport (Q)	French Design Manuel LCPC, limite	-
BA16		Normativul 605/2013, limite	S <sub>min7,5</sub> S <sub>max15,0</sub> F <sub>3</sub> Q <sub>min4</sub>
BBA16	Modul de rigiditate, 15°C, 10Hz	French Design Manuel LCPC, limite	S <sub>min5500</sub>
BA16	Modul de rigiditate, 20°C, 124μs	Normativul 605/2013, limite, min.	S <sub>min4500</sub>

BBA16	Rezistența la oboseală, 10°C, 25Hz	French Design Manuel LCPC, limite	$\varepsilon_6= 130$
BA16		Normativul 605/2013, limite	-
BBA16	Încercarea la compresiune ciclică	French Design Manuel LCPC, limite	-
BA16		Normativul 605/2013, limite	$f_{cmax1}$

## 5. CONCLUZII

Nu există o asemănare completă între structurile rutiere pentru drumuri și structurile rutiere pentru aeroporturi. Uniformizarea normelor tehnice pe plan internațional în cazul drumurilor este recomandabilă (pot diferi vehiculele etalon/sarcina maximă pe osie/ elementele geometrice), iar în cazul suprafețelor aeroportuare este obligatorie (realizată prin norme/ recomandări ICAO).

Curba granulometrică a mixturii asfaltice aeroportuare după norma franceză French Desing Manual LCPC se încadrează în limitele granulometrice pentru un beton asfaltic BA 16 și un beton asfaltic AC 16.

Conform French Design Manual LCPC mixtura asfaltică pentru stratul de uzură trebuie să satisfacă și condițiile de sensibilitate la apă și oboseală, condiții pe care norma românească nu le prevede pentru o mixtură de drum.

Este de reținut că atât structurile pentru drumuri, cât și cele aeroportuare beneficiază de aceeași tehnică avansată, în ciuda specificității fiecăreia. Este naturală evoluția metodelor de dimensionare, a materialelor și a metodelor de construcție.

## BIBLIOGRAFIE

1. Surlea, C.: *PhD Thesis: Mixturi bituminoase aeroportuare supuse încărcărilor repetate*;
2. Zarojanu, H. & Bulgaru, G. :*Aeroporturi, Iasi, Romania, 2010*;
3. *Service technique de l'aviation civile: Enrobes hydrocarbonés et enduits superficiels pour chaussées aeronautiques, Guide d'application des normes, 2009* ;
4. *PD 177: Normativ pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide, Bucuresti, Romania, 2001*;
5. *Normative AND 605: Mixturi asfaltice executate la cald. Conditii tehnice pentru proiectarea, prepararea și punerea în opera, Bucuresti, Romania, 2013*;
6. *Laboratoire central des ponts et chaussées. Réseau Scientifique et Technique de l'Équipement: LCPC Bituminous Mixtures Design Guide, 2007* ;
7. *SR EN 13108-1: Bituminous mixtures. Material specifications. Asphalt concrete, 2007*;
8. *SR EN 13108-20: Bituminous mixtures. Material specifications. Type testing, 2011*;