

DIAGNOSTICARE NEDISTRUCTIVĂ A INTEGRITĂȚII DALELOR DIN ZONA DE TAXI ȘI DE PARKING PENTRU AEROPORTUL INTERNAȚIONAL HENRI-COANDĂ BUCUREȘTI

1. OBIECTIV.

Verificarea integrității, a modificărilor de densitate sau a existenței de goluri în stratul suport din zona de taxi și de parking pentru două dale din beton de la aeroportul internațional Henri-Coandă București.

2. STAREA TEHNICĂ A DALEOR SUPUSE DIAGNOSTICĂRII NEDISTRUCTIVE.

Referitor la starea tehnică a dalelor de beton din care este formată zona de taxi și de parking a aeroportului internațional Henri-Coandă București au fost constatate următoarele aspecte :

- Dalele din beton au o formă rectangulară cu latura de 6 m și o grosime de 200 mm ;
- Calitatea betonului pentru dale este cea corespunzătoare mărcii B 500, armat cu ace din oțel ;
- Dalele de beton au fost turnate peste o structură de beton inițială acoperită cu un strat de mixturi asfaltice ;
- Ca aspect, cele două dale supuse expertizării prin diagnosticare nedistructivă prezintă un grad avansat de deteriorare, așa cum este ilustrat în Fig. 1 a și b pentru dala A și respectiv Fig. 2 a și b pentru dala B, prin fisurile vizibile cu ochiul liber ;



Fig. 1 a
Dala A fisura colțului [15 – S15]



Fig. 1 b
Dală A fisura colțului [15 – S1]



Fig. 2 a
Dală B fisura colțului [1 – S15]



Fig. 2 b
Dală B fisura colțului [1 – S1]

- Dala A cu un stadiu de deteriorare mai redus, prezintă fisuri în jurul a două colțuri adiacente pe latura dinspre Sud,
- Dala B cu un stadiu avansat de deteriorare, prezintă fisuri în jurul tuturor celor 4 colțuri, precum și fisuri paralele cu laturile acesteia.

3. METODE DE DIAGNOSTICARE RECUNOSCUTE DE ACI (American Concrete Institute).

Metodele folosite în diagnosticarea stării tehnice a unor structuri din beton cu recunoaștere ACI (American Concrete Institute) sunt prezentate într-o caracterizare sumară în tabelul 1.

Tabelul 1

#	Denumire Metodă	Caracterizarea sumară a metodei și domeniul de aplicare
1.	<i>Visual Inspections</i> Inspecții vizuale	Cartografiază defectele de suprafață vizibile: fisuri, crăpături, segregări, delaminări, coroziuni, etc.
2.	<i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> Viteza pulsurilor ultrasonice	Se măsoară timpul necesar unei unde ultrasonice să parcurgă un eșantion de beton. Determină anumite caracteristici ale betonului.
3.	<i>Ultrasonic – Echo</i> Analiza ecoului ultrasonic	Se măsoară timpul de reflexie a undelor ultrasonice, de defecte sau de granița mediului. Prin acest procedeu se localizează delaminările și golurile în secțiuni subțiri. Este o metodă prioritar utilizată în cercetare.
4.	<i>Impact – Echo</i> Analiză tip Impact – Ecou	Este analizat spectral timpul de reflexie succesivă a undelor de presiune, de defecte sau de granița mediului. Se măsoară grosimile elementelor, se localizează fisurile, segregările, golurile, delaminările, și se monitorizează calitatea injecțiilor, se determină poziția armăturilor, etc.
5.	<i>Spectral analysis of surface waves</i> Analiza spectrală a undelor de suprafață	Viteza undelor de suprafață generate prin impact este analizată ca o funcție de lungime de undă. Analiza are ca scop determinarea rigidității pavajelor și adâncimea deteriorării betoanelor.
6.	<i>Sonic – Echo</i> Ecou sonic	Se analizează în domeniul timp undele de presiune generate și reflectate în urma unui impact cu ciocanul. Metoda este utilizată pentru determinarea adâncimii fundațiilor, și pentru localizarea fisurilor sau a discontinuităților.
7.	<i>Impulse – response</i> Analiză tip Impuls – Răspuns	Se analizează spectral în domeniul frecvență viteza normată cu forța de excitație, a undelor de presiune generate și reflectate în urma unui impact cu ciocanul. Metoda este utilizată pentru determinarea adâncimii fundațiilor și pentru localizarea fisurilor sau a discontinuităților. Procedul furnizează suplimentar informații despre rigiditatea dinamică și mobilitatea sistemului analizat.
8.	<i>Impedance Logging</i> Defazajul impedanței	Este un test similar cu <i>Sonic – Echo</i> și <i>Impulse – Response</i> , dar presupune o analiză mai complexă a semnalului în domeniul frecvență. Procedura permite reconstruirea 2-D a formei fundației în adâncime.
9.	<i>Crosshole Sonnic Logging</i> Defazajul sonor dintre fisurile transversale	Este un test similar cu <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> , dar cu traductorii poziționați în tuburi preformate sau în găuri amplasate în fundații. Se determină între generator - traductor zonele în care betonul are variații de calitate.
10.	<i>Parallel seismic</i> Test seismic paralel	Analizează comparativ în diverse puncte semnalul generat prin impact cu un ciocan. Metoda permite localizarea zonelor cu beton de calitate slabă.
11.	<i>Direct transmission radiometry</i> Transmisie directă radiometrică	Este o metodă de măsurare a intensității radiației electromagnetice de înaltă energie ce trece prin beton. Se utilizează la determinarea în șantier a densității betoanelor proaspăt turnate sau maturate.
12.	<i>Backscatter radiometry</i> Radiometrie prin reflexie radar	Metodă de măsurare a reflexiei radiației electromagnetice de înaltă energie. Se utilizează la determinarea în șantier a densității betoanelor.
13.	<i>Radiography</i> Radiografie	Metoda presupune înregistrarea pe film a energiei electromagnetice înalte ce trece prin beton. Se utilizează la localizarea oțelului de armare, a elementelor metalice, a golurilor, a segregărilor sau a altor defecte.
14.	<i>Gamma – gamma logging</i> Defazajul unei directe și reflectate la iradiere	Procedul este o combinație de <i>Direct transmission radiometry</i> și <i>Backscatter radiometry</i> , și permite localizarea regiunilor cu variație de densitate în fundație.
15.	<i>Covermetru</i> Covermetru	Metoda presupune aplicarea unui câmp magnetic variabil la betoane. Analiza perturbărilor magnetice dă informații despre localizarea și dimensiunea oțelului de armare.
16.	<i>Half – Cell Potential</i> Potențialul jumătății de celulă	Este o metodă ce presupune măsurarea diferenței de potențial dintre armătura din beton și un electrod standard. Se identifică regiunile unde probabilitatea de coroziune a armaturii este maximă, la momentul efectuării detrimărilor.
17.	<i>Polarization methods</i> Metode de polarizare	Metoda presupune măsurarea curentului necesar modificării polarizării dintre un electrod standard și armătura din beton. Se determină rezistența de polarizare care este corelată direct de viteza de coroziune a oțelului. Se determină astfel viteza de coroziune instantanee a oțelului de armare aflat sub electrod.
18.	<i>Penetrability Methods</i> Metode de penetrabilitate	Metoda presupune determinarea ratelor de penetrabilitate a gazelor și a apei în beton. Este o metodă prioritar utilizată în cercetare.
19.	<i>Infrared Thermography</i> Termografie în infraroșu	Prin analiza variațiilor de temperatură la suprafața betoanelor se determină existența golurilor, delaminărilor, sau a umidității din structuri.
20.	<i>Radar</i> Radar	Este o metodă similară cu <i>Ultrasonic – Echo</i> , dar utilizează radiație electromagnetică de energie înaltă. Metoda detectează în betoane: metalele, golurile și regiunile cu umiditate ridicată. Se poate determina grosimea elementelor testate.

Dintre metodele prezentate în Tabelul 1, **GEMITE** România are în dotare echipamentele necesare metodelor de diagnosticare nedistructive poziția 4- **Impact Echo** și poziția 7- **Impulse Response**.

Metoda **Impact Echo** în comparație cu metoda **Impulse Response** necesită alocarea unui timp mai mare pentru culegerea datelor experimentale și pentru prelucrarea lor ulterioară.

Metoda **Impulse Response** necesită pentru culegerea datelor experimentale un timp relativ scurt și este mai rapidă, iar prelucrarea numerică a datelor se realizează instantaneu.

Deoarece timpul alocat pentru măsurători a fost limitat din condiții obiective privind traficul în zona de testare, a fost utilizată pentru diagnosticarea stării celor două dale metoda **Impulse Response**.

Prin utilizarea acestei metode de diagnosticare sunt generate matrici de date experimentale în concordanță cu matricile trasate pe suprafețele celor două dale.

Pentru a se realiza o interpretare corectă a valorilor măsurate, fiecare matrice de date achiziționată va genera o hartă în culori cu ajutorul căreia se pot pune mai ușor în evidență defectele aflate sub suprafața testată.

4. METODOLOGIA DE EFECTUARE A MĂSURĂTORILOR.

Pentru realizarea măsurătorilor în vederea diagnosticării nedistructive a stării celor două dale de beton supuse expertizării s-au parcurs urătoarele etape:

- s-a efectuat o inspecție vizuală a fiecărei dale de beton expertizată;
- s-a realizat un tablou sub forma unei matrici pe suprafața fiecărei dale, pentru stabilirea exactă a poziției fiecărui punct de testare;
- s-a stabilit mărimea matricilor la 15 x 15, cu distanța dintre linii și coloane egală cu 0.4 m;
- s-a adoptat numerotarea coloanelor cu numerele de la 1 la 15, începând din colțul din stânga jos;
- s-a adoptat numerotarea liniilor cu simbolul S1 pentru prima linie până la S15 corespunzător liniei cu numărul 15;
- a fost generat un tablou matricial cu 225 de puncte de diagnoză pentru fiecare dală supusă expertizării;
- pentru diagnosticare a fost utilizată metoda **Impulse Response**, la care semnalul achiziționat în fiecare nod de accelerometru a fost obținut prin excitarea acestora cu un ciocan calibrat, a cărui forță este măsurată de un senzor piezoelectric.

5. REZULTATE EXPERIMENTALE. INTERPRETARE.

Din analiza rezultatelor experimentale prelucrate cu softul aferent metodei **Impulse Response** au fost puse în evidență următoarele aspecte :

- s-a confirmat prezența fisurilor din dale, care se corelează cu inspecția vizuală ;
- au fost obținute informații despre starea dalelor și a substratului acestora.

Softul metodei permite calcularea următorilor parametri utilizați în aprecierea stării structurii de beton:

- rigiditatea dinamică,
- mobilitatea medie a sistemului,
- panta mobilității,
- indicele de delaminare,
- indicele golurilor .

Pentru fiecare dintre parametrii determinați în urma măsurărilor, **ACI** (American Concrete Institute) impune următoarele criterii de interpretare :

- **Rigiditatea dinamică** este este eficientă pentru sisteme subțiri, sub 100 mm grosime. Indicatorul este direct influențat de :
 - Calitatea betonului ;
 - Grosimea dalei ;
 - Stabilitatea sau calitatea substratului.
- **Mobilitatea medie** are o eficiență mare în cazul plăcilor groase de peste 100 mm și este un indicator corelat direct de :
 - Densitatea betonului din placă
 - Grosimea plăcii de beton.

Parametrul se modifică în sensul creșterii valorilor în cazurile în care :

- apar grosimi mai mici de dală ;
 - există fisuri paralele cu suprafața de măsură ;
 - există delaminări între straturi ;
 - există segregări în material
- **Panta mobilității medii** este un parametru corelat direct de densitatea betonului. Valori ale Pantei mobilității medii peste 3 indică existența segregărilor sau a consolidărilor slabe.
 - **Indicele de delaminare** este un parametru fin ce scoate în evidență:
 - Delaminările din beton
 - Fisurile existente
 - Defectele legate de variațiile de densitate din beton
 - **Indicele golurilor** este un indicator:
 - al delaminării ;
 - al golurilor de sub dală.

Valori ale Indicelui golurilor peste 2,5 indică existența defectelor enumerate.

După efectuarea măsurătorilor prin metoda **Impulse Response** s-au obținut următoarele rezultate :

A1. Rigiditatea Dinamică pentru Dala A, Fig. 3, prezintă valori scăzute pe linia [1,S1] la [1,S15], și respectiv pe linia [1,S15] la [7,S15]

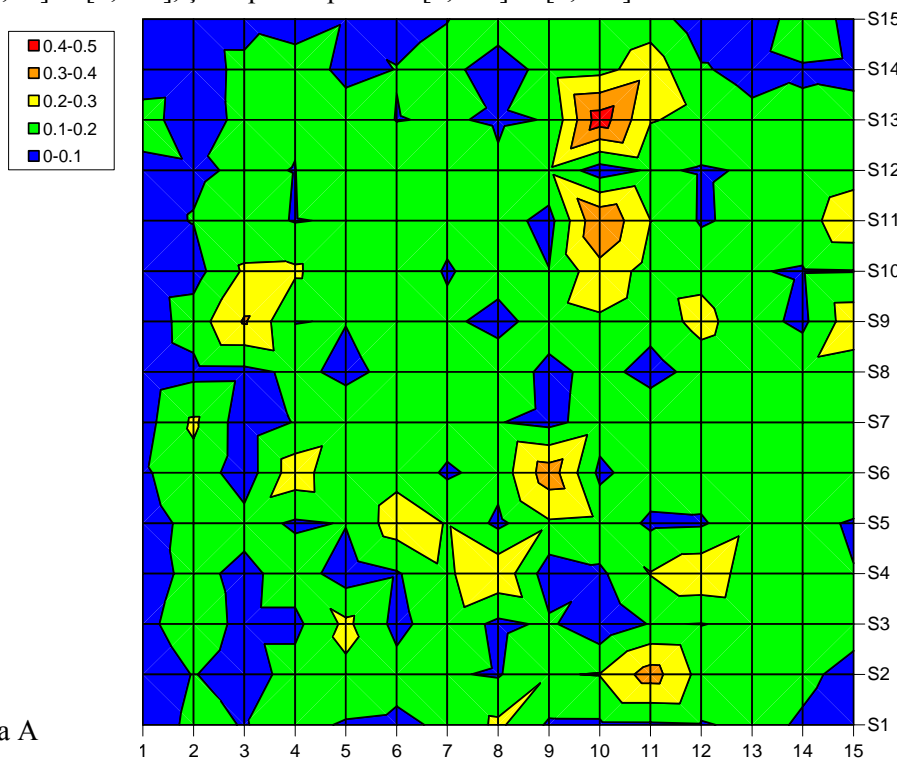


Fig. 3 - Rigiditatea dinamica Dala A

Făcând analiza celorlalți parametri se determină cauzele care fac ca dala A să prezinte o mobilitate scăzută în zonele menționate anterior.

A2. Mobilitatea medie pentru Dala A, Fig. 4 indică o mobilitate crescută pe linia [1,S1] la [1,S15], și respectiv pe linia [1,S15] la [7,S15].

Având în vedere că în această regiune nu apar modificări importante a pantei mobilității medii și nici a indicelui golurilor, dar apare o scădere a rigidității, se deduce că pe liniile respective avem fie grosimi mai mici de dală, fie fisuri paralele cu muchiile, amplasate în partea inferioară a dalei.

Punctul [13,S15] este o singularitate dată probabil de fisura ce se dezvoltă din acel punct.

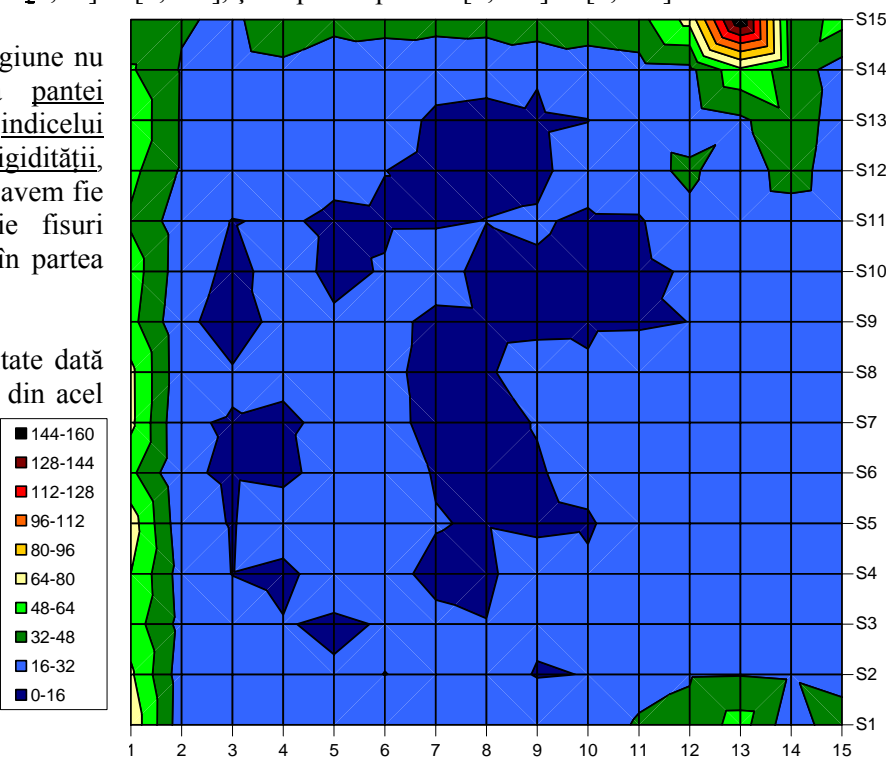


Fig. 4 - Mobilitatea medie Dala A

A3. Panta Mobilității pentru Dala A, Fig. 5

prezintă multe zone de culoare galbenă, zone în care indicele are o valoare mai mare de 3. Ariile de culoare galbenă indică o slabă consolidare a substratului dalei.

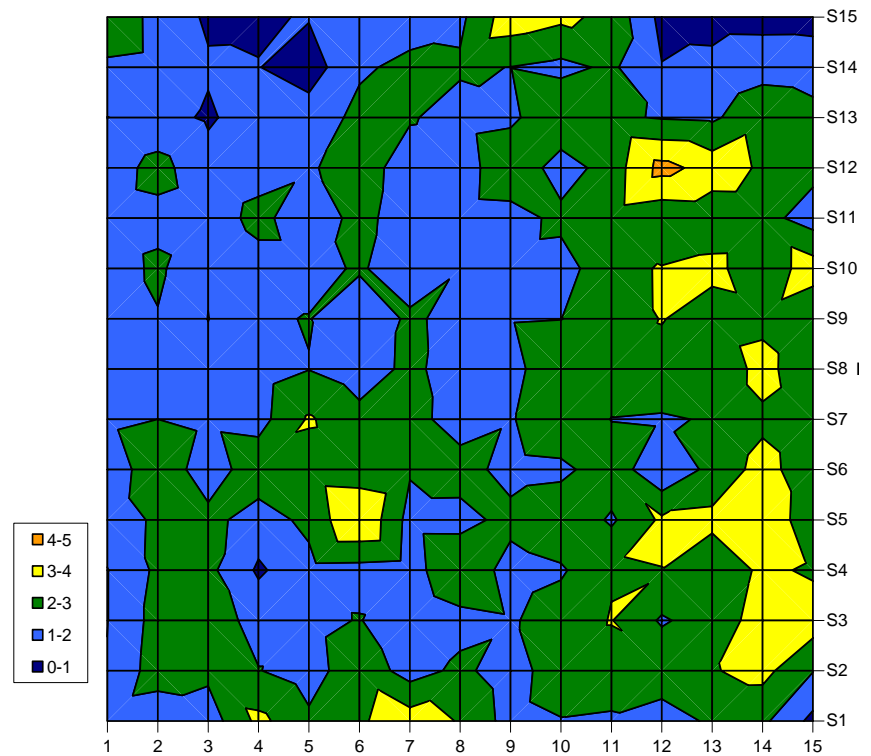


Fig. 5- Panta mobilității Dala A

A4. Indicele golurilor pentru Dala A, Fig. 6

Analiza datelor indică valori mai mari de 2.5 în nodurile rețelei de la [3,S6] - [3,S7] , la [4,S15] , [8,S14] și [10,S3].

Acestea nu au corespondență în **Panta mobilității**, indicând goluri mici sub dală sau fisuri paralele cu planul de măsură.

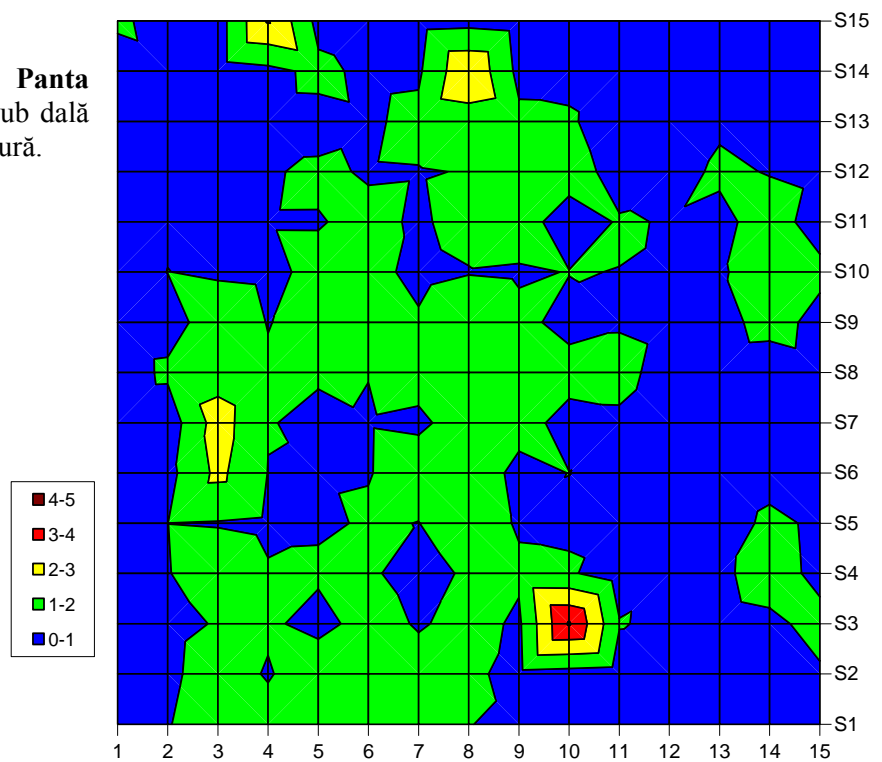


Fig. 6 - Indicele golurilor Dala A

A5. Indicele de delaminare pentru Dala A, Fig. 7

este un indicator sensibil, pe care se regăsesc defectele principale:

- Placa de grosime redusă sau fisurile profunde pe linia [1,S1] la [1,S15] ;
- Zonele cu substrat instabil evidențiate în galben și în **Panta mobilității** ;
- Fisurile din dală.

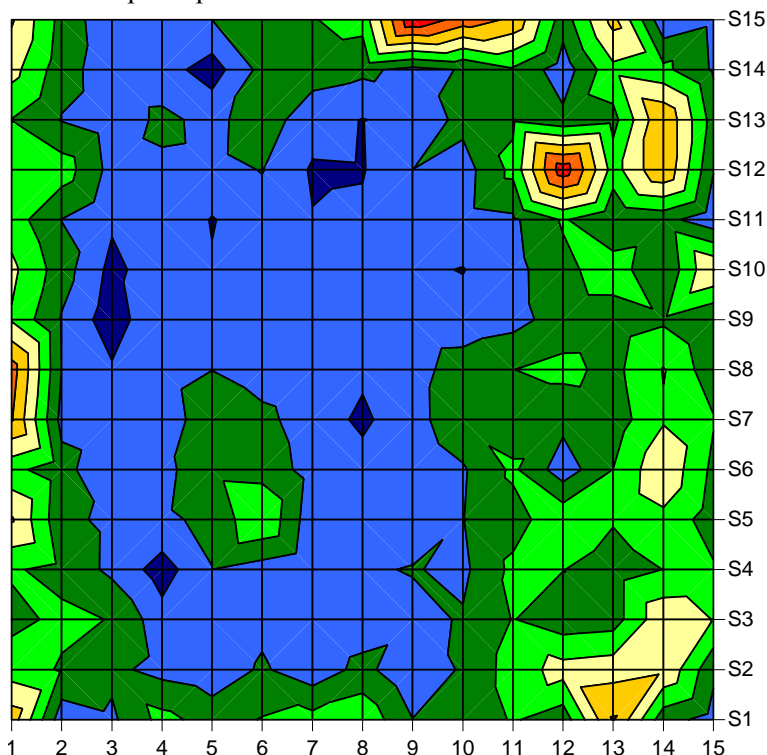
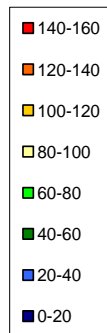


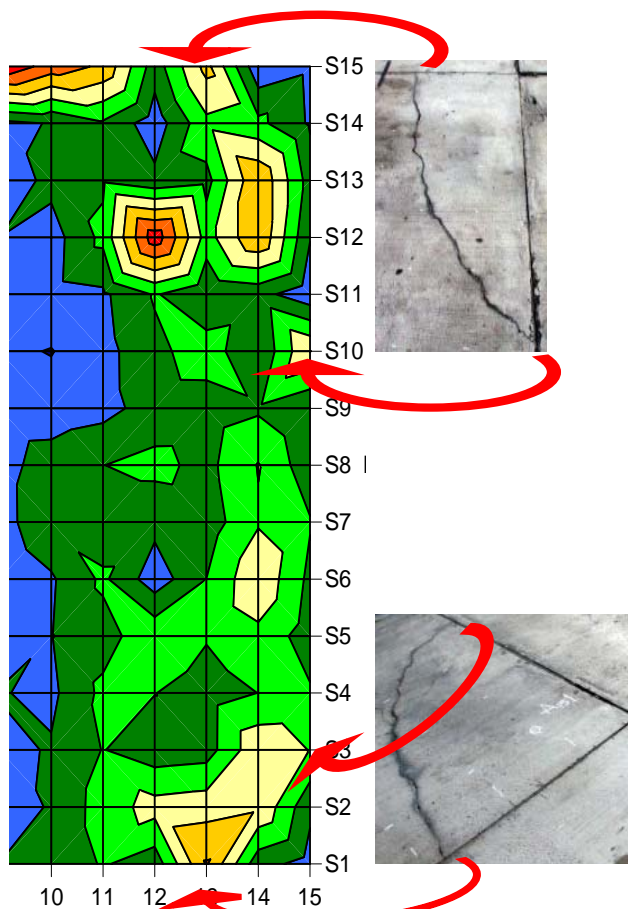
Fig.7 - Indicele de delaminare Dala A

În Fig. 8 se corelează zonele cu instabilitate de substrat asfaltic evidențiate de Indicele de delaminare, cu fotografiile ale fisurilor dezvoltate.

Interpretarea valorilor parametrilor prezentați în Fig.3 ÷ Fig.8 pentru Dala A pune în evidență următoarele aspecte privind starea tehnică a acestei dale de beton :

- golurile de sub dala A sau fisurile sunt de mici dimensiuni și nu periclitează integritatea dalei ;
- sunt evidențiate instabilități ale substratului asfaltic a dalei spre zona sudică;
- instabilitățile de substrat, între coloanele 10 – 15, au favorizat fractura dalei în jurul celor două colțuri de pe coloana 15 ;
- este posibil să se dezvolte fisuri spre suprafață și pe coloana 1 sau la colțurile aferente, datorită defectului profund și solicitării dalei în zona de muchie.

Fig.8



B1. Rigiditatea Dinamică pentru Dala B, Fig. 9,

prezintă valori scăzute în jurul colțurilor [1,S1] , [15,S1] , [15,S15] , iar aria cuprinsă în triunghiul [1,S10] - [6,S15] - [1,S15] este total compromisă din punctul de vedere al rigidității.

Este posibilă dezvoltarea unei fisuri în Y pe linia albastră ce pleacă din [9,S1] către [13,S8] și [7,S8].

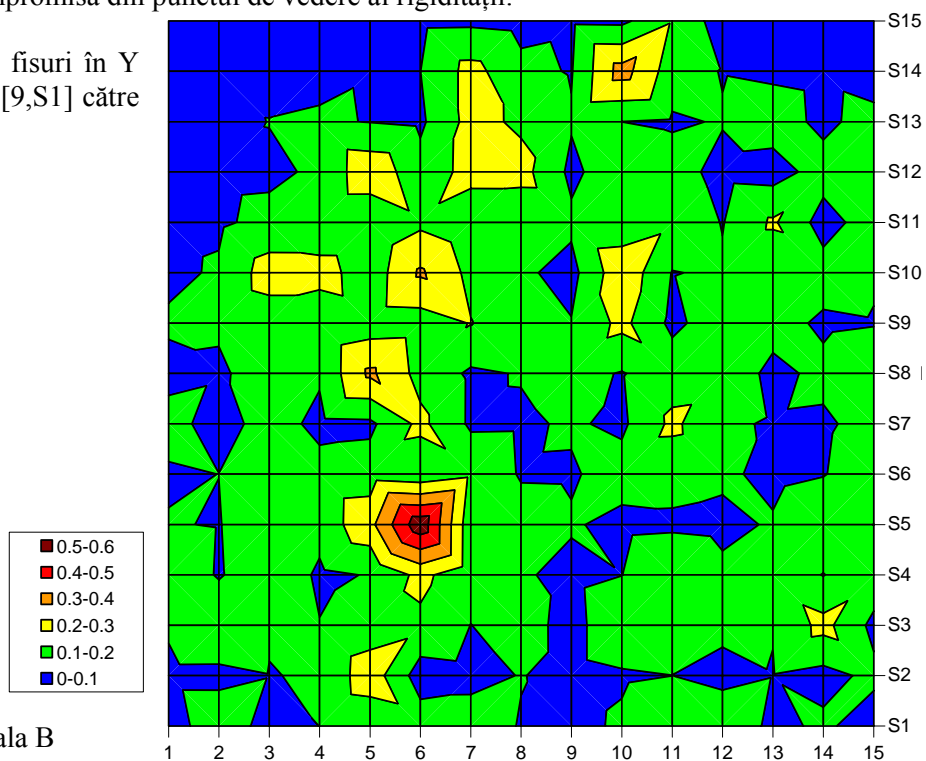


Fig.9 - Rigiditatea dinamica Dala B

B2. Mobilitatea medie pentru Dala B, Fig. 10,

arată defecte majore în aceleași zone cu rigiditate scăzută.

Sunt evidente crăpăturile din dală.

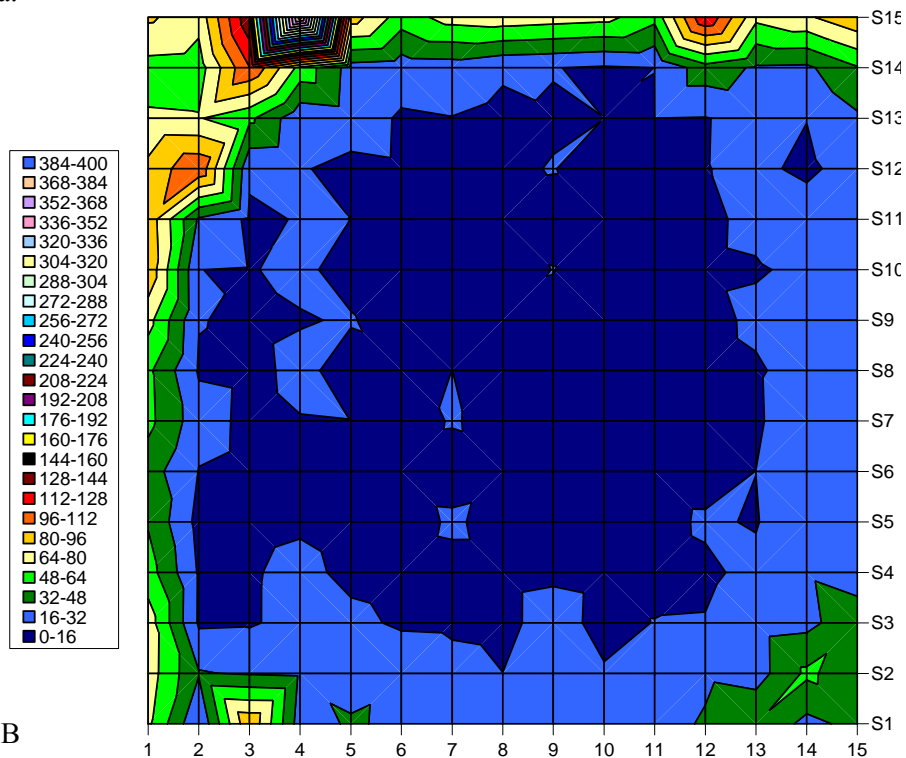


Fig.10 - Mobilitatea medie Dala B

B3. Panta Mobilității pentru Dala B, Fig. 11,

și

B4. Indicele golurilor pentru Dala B, Fig. 12,
la o analiză corelativă indică:

- o un substrat instabil în zonele marcate cu galben ceea ce a dus la dezvoltarea de fisuri;
- o substrat instabil și gol sub dală în [12,S12], evidențiat clar în **rigiditate, panta mobilității și indicele golurilor.**

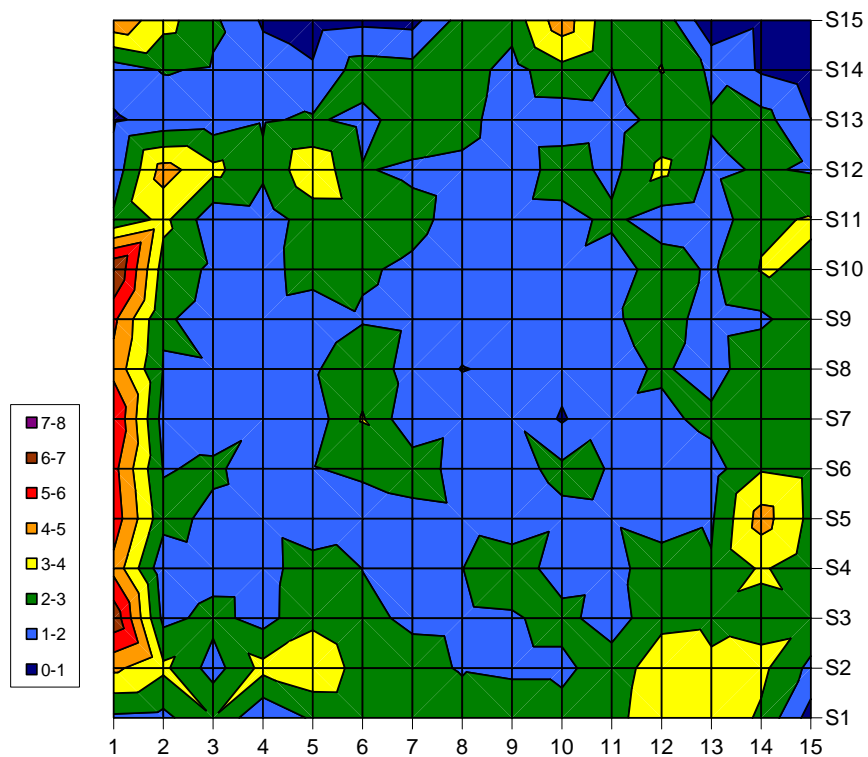


Fig.11 - Panta mobilității Dala B

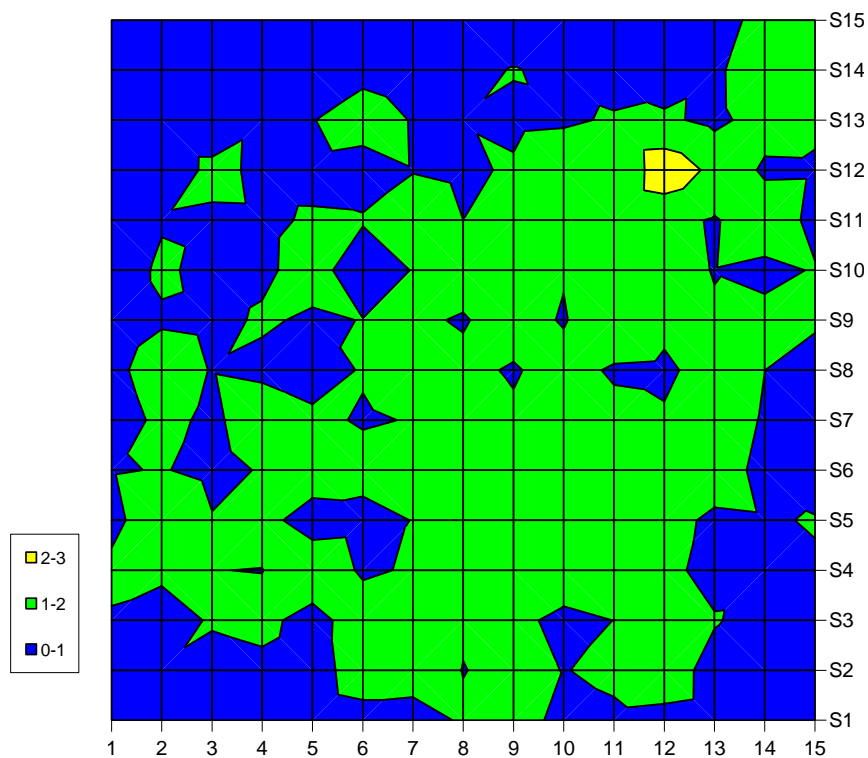


Fig.12 - Indicele golurilor Dala B

B5. Indicele de delaminare pentru Dala B, Fig. 13 a și b,
 scoate în evidență fisurile existente și instabilitatea substratului pe contur.
 Golul de sub dală din nodul [12,S12] este vizibil și pe acest indicator.
 Valorile mari ale **Indicelui de delaminare** corespund întru totul cu fotografiile din inspecția vizuală.

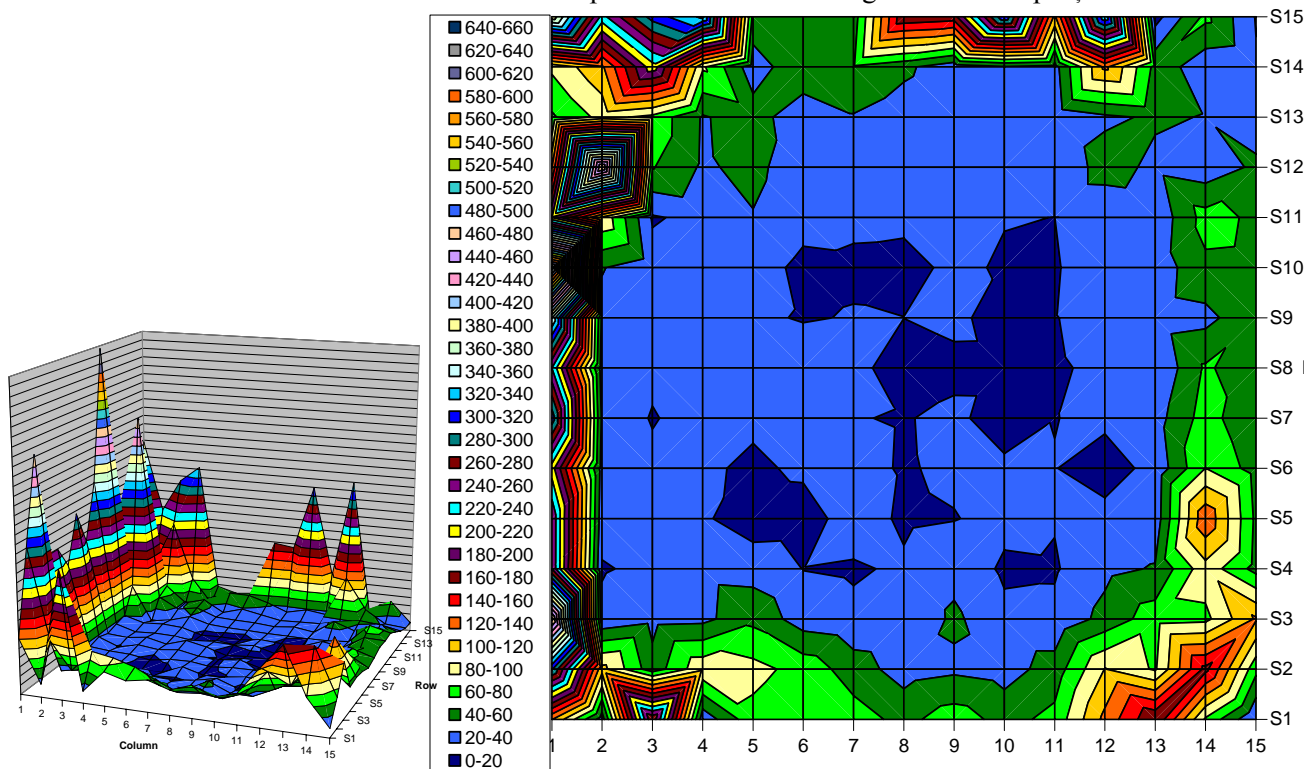


Fig. 13 a - Indicele de delaminare Dala B, vedere 3D Fig. 13 b - Indicele de delaminare Dala B, vedere 2D

În Fig. 14 se corelează zonele cu instabilitate de substrat asfaltic evidențiate de Indicele de delaminare, cu fotografiile ale fisurilor dezvoltate.

Prin interpretarea valorilor parametrilor prezentați în Fig.9 ÷ Fig. 14 pentru Dala B se pun în evidență următoarele aspecte privind starea tehnică a acestei dale de beton :

- o dala B este în mare măsură compromisă pe contur ;
- o există sub dala B un spațiu gol la nodul [12,S12] ce va amorsa în timp și alte crăpături ;
- o următoarea muchie ce va dezvolta fisuri paralele este [1,S1] - [15,S1] ;

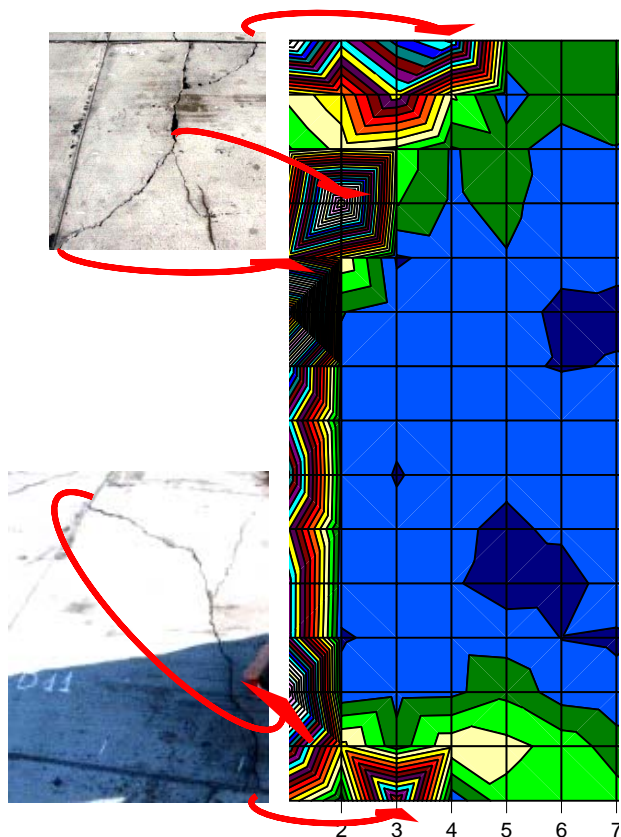


Fig. 14

6. CONCLUZII FINALE.

În urma măsurătorilor efectuate prin diagnosticare nedistructivă pe două dale de beton, armate cu ace din oțel, în zona de taxi și de parking de la aeroportul internațional Henri-Coandă București, utilizând metoda de diagnosticare **Impulse Response**, se desprind următoarele concluzii :

- dala A prezintă goluri interioare sau fisuri de mici dimensiuni care nu periclitează integritatea dalei ;
- la dala A stratul asfaltic care separă cele două straturi de beton este instabil spre zona sudică ;
- instabilitățile substratului a favorizat fracturi ale dalei A în jurul celor două colțuri de pe colana 15,
- se vor dezvolta fisuri spre suprafață pe coloana 1 sau la colțurile aferente.

- Dala B este compromisă pe contur ;
- a fost pus în evidență un gol la nodul [12,S12], care va amorsa în timp noi crăpături.

- Dalele expertizate prin diagnoză nedistructivă sunt puternic deteriorate;
- în zonele centrale ale dalelor nu au fost puse în evidență instabilități ale substratului asfaltic.

Alte componente de diagnoză nedistructivă pentru cele două dale de beton (calitatea betonului, adâncimi ale fisurilor, dimensiuni ale spațiilor goale de sub dală, fundație instabilă, etc) pot fi obținute prin aplicarea celei de a doua metode - **Impact-Ecou** - în ariile evidențiate de metoda **Impulse Response**.



GEMITE România dispune de echipamentul necesar efectuării de diagnoze nedistructive prin metodele **Impulse Response** și **Impact-Ecou**.

Diagnosticarea stării tehnice a dalelor de beton din zona de taxi și de parking de la aeroportul internațional Henri-Coandă București a fost realizată de colectivul de specialiști ai Firmei **GEMITE** România, alcătuit din :

- Diplomat inginer Alexandru Ioan COȚOFAN
- Doctor inginer Ioan DAMIAN
- Diplomat chimist Elena GHIBAN

Cu simă,
GEMITE România
Director General