

Dinamica interacțiunii rulou vibrator - pământ în procesul de compactare

Dynamics of the vibratory roller – soil interaction in the compaction process

Dragoș CĂPĂȚÎNĂ

Institutul de Mecanica Solidelor al Academiei Române
Constantin Mille nr. 15, București, România
e-mail: capatina.dragos@gmail.com; dragos.capatina@imsar.ro

Rezumat: Structurile rutiere sustenabile reprezintă un aspect esențial pentru dezvoltarea economică și socială a oricărei țări. În perioada acutală, există preocupare susținută și, nu în ultimul rând, fonduri alocate pentru dezvoltarea unei infrastructuri rutiere la nivelul cerințelor UE. În această lucrare sunt evidențiate fundamente teoretice, rezultate experimentale și concluziile necesare, obținute prin studiul asupra dinamicii interacțiunii rulou vibrator – pământ în timpul procesului de compactare prin vibrație.

Cuvinte cheie: compactare; rulou vibrator; tasare, coeficient de rigiditate

Abstract: Sustainable road structures represent an essential aspect for the economic and social development of any country. In the current period, there is sustained concern and, last but not least, funds allocated for the development of road infrastructure at the level of EU requirements. In this work, theoretical aspects, experimental results and the necessary conclusions are highlighted, all obtained by studying the dynamics of interaction between vibratory roller and soil while the vibration compaction process.

Keywords: compaction; vibratory roller; subsidence; rigidity coefficient

1. Introducere

Infrastructura unei regiuni și, implicit, a unei țări reprezintă un element esențial în dezvoltarea economică a acestora. Structurile rutiere existente nu sunt întotdeauna adecvate și, de cele mai multe ori impun construcții noi de drumuri de mare viteză și / sau de drumuri noi, într-o rețea durabilă și corespunzătoare necesităților traficului actual (v. figura 1).

Pentru a obține structuri rutiere sustenabile, trebuie acordată atenție dozebită tuturor fazelor de execuție reglementate prin normative, caiet de sarcini, studiu geotehnic etc. Compactarea pământului reprezintă una din fazele esențiale, deoarece structura astfel obținută constituie fundamentul sistemului rutier.



Fig. 1. Trafic pe rețeaua rutieră din București

Dragoș CĂPĂȚÎNĂ

Lucrările de compactare a pământurilor pentru structuri rutiere au ca scop crearea capacității portante a terenului, prin aceasta fiind posibilă preluarea încărcărilor estimate - din exploatarea uzuală structurii, cât și încărcărilor suplimentare transferate accidental structurii (de valori, direcții și mod de acționare aleatorii).

În timpul procesului de compactare a pământului se inițiază reșezarea particulelor fazei solide a acestora, ceea ce are ca efect scăderea porozității și creșterea gradului de îndesare [1], [2].

Studiul procesului de compactare a pământului are la bază ipoteza că pământul este semi-infinit, omogen și izotrop, caracterizat prin limită elastică infinit de mare. Inițial, trebuie avute în vedere proprietățile mecanice de bază ale pământului: elasticitate, vâscozitate, plasticitate.

Pentru modelarea adecvată a comportamentului pământului în timpul procesului de compactare, s-au dezvoltat modele mecanice compuse - prin combinarea a două, trei sau mai multor elemente (tip arc, tip amortizor) în serie, în paralel sau în amestec. Aceste elemente sunt specifice celor trei proprietăți mecanice fundamentale, menționate anterior [3].

Obiectivul principal al acestui articol este de a prezenta fundamente teoretice și rezultate experimentale obținute prin studiul asupra dinamicii interacțiunii rulou vibrator - pământ în timpul procesului de compactare.

2. MATERIALE ȘI METODE

Studiul modificării caracteristicilor pământului în urma interacțiunii cu ruloul vibrator al utilajului de compactare, având la bază date experimentale preliminare - din experiența autorului și a altor cercetători cu activitate relevantă în domeniu [4-6], a determinat sintetizarea unor observații utile cercetărilor, și anume:

- la tasări mici, pământul are comportare similară cu un mediu elastic;
- procesul de compactare este asimilat cu succesiune de scurte procese elementare de compactare ale unor pământuri de același tip, dar cu caracteristici fizico - mecanice cu valori puțin diferite;
- procesul de compactare are efectele locale în spațiu și cumulative în timp;
- modificarea stării de compactare a terenului are ca efect schimbarea modului de transmitere a sarcinii de compactare, de la transmiterea continuă la transmitere discontinuă - cu pierderea temporară a contactului,

Pentru procesul de comportare a pământului în timpul compactării, au fost realizate estimări ale parametrilor definitorii [7] după cum urmează.

Coeficientul de rigiditate a pământului k , în funcție de tasarea Δh de la un anumit moment al procesului de compactare, este:

$$k = \frac{1,13E_{st}(\Delta h)}{1-\nu^2} - \sqrt{0,667 \cdot B \sqrt{D_r^2(1 - D_i)^2 - 0,9D_r\Delta h}} \quad [\text{daN/cm}^2] \quad (1)$$

unde:

$E_{st}(\Delta h)$ este modulul static de deformație liniară, funcție de tasarea Δh ;

ν - coeficientul de contracție transversală (Poisson) al pământului

D_i - gradul inițial de compactare;

Δh - tasarea pământului [cm];

D_r - diametrul ruloului compactorului [cm];

DINAMICA INTERACȚIUNII RULOU VIBRATOR – PĂMÂNT ÎN PROCESUL DE COMPACTARE

B – lățimea ruloului compactorului [cm].

Tasarea pământului, Δh , la o trecere a ruloului vibrator peste stratul depus, se determină cu relațiile care urmează:

→ tasarea instantanee, Δh_{inst} , la aplicarea sarcinii:

$$\Delta h_{inst} = 10^{-3} h_{ci} (13,87p + 0,752) \quad [\text{cm}] \quad (2)$$

unde:

h_{ci} este grosimea inițială a stratului, pentru fiecare trecere [cm];

p - presiunea aplicată pământului, la începutul fiecărei treceri.

→ tasarea suplimentară, Δh_t , realizată de utilaj

$$\Delta h_t = 10^{-4} h_{ci} (1,53 + 0,1274 \cdot \ln p) \left(\frac{4t_c}{h_{opt}^2} \right)^{(0,56 + 0,01085 \cdot \ln p)} \quad (3)$$

unde:

t_c este durata de solicitare a terenului sub sarcină

h_{opt} - grosimea optimă pentru stratul de pământ de compactat

→ tasarea totală după o trecere:

$$\Delta h_t = \Delta h_{inst} + \Delta h_t \quad [\text{cm}] \quad (4)$$

Experimentările s-au realizat în timpul desfășurării lucrărilor de compactare a stratului de fundație din balast, pe Centura București – Pasaj Domnești.

Caracteristicile optime de compactare:

- γ_{umax} - greutatea volumetrică în stare uscată maximă, [g/cm³];
- w - umiditatea optimă de compactare [%]

se stabilesc prin încercarea Proctor (STAS 1913/13-83). În figura 3.5 sunt redată atât imagini din timpul încercării cât și diagrama Proctor astfel obținută.



a. probe - încercarea Proctor

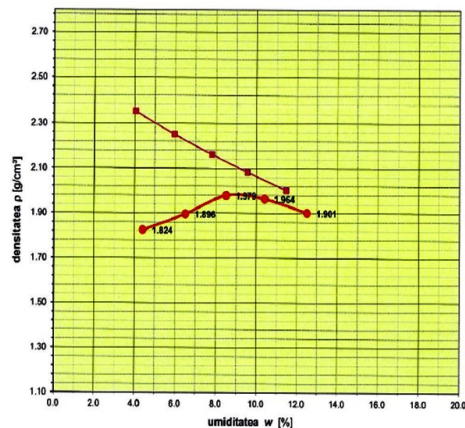
Dragoș CĂPĂȚÎNĂ



b. cântărire probe



c. probă - în compactor Proctor



d. diagrama Proctor

Fig. 2. Încercare Proctor normal

Rezultatul încercării Proctor este:

- umiditatea optimă $W_{opt} = 8,5\%$;
- densitatea maximă în stare uscată, $\rho_{dmax} = 1,979 \text{ g/cm}^3$.

3. EXPERIMENTE ȘI REZULTATE

În cadrul experimentelor efectuate pentru prezenta cercetare, s-a folosit ca utilaj de compactare un compactor cu rulou vibrator, BOMAG BW 213 D-5 (v. figura 3).



Fig. 3. Echipament compactor cu rulou vibrator

Pentru diferite valori ale frecvenței de lucru a cilindrului vibrator, s-au măsurat parametrii vibrațiilor transmise pământului de compactat: accelerația, viteza și amplitudinea (v. figura 4).

DINAMICA INTERACȚIUNII RULOU VIBRATOR – PĂMÂNT ÎN PROCESUL DE COMPACTARE

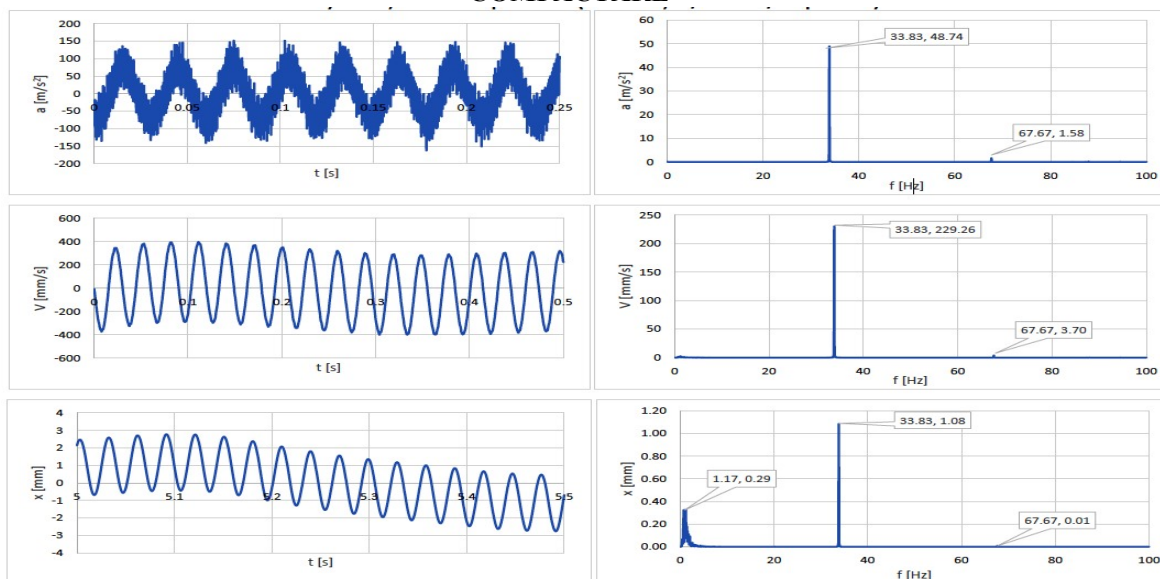


Fig. 4. Curbe de variație – accelerație, viteză, amplitudine vibrații

Pentru diferite valori ale amplitudinii și frecvenței, valori stabilite conform programului de experimentare tip CCD (Design Compus Centrat) [8], au fost realizate experimente (fiecare repetat de 5 ori) conform cu cele ce urmează:

-variabilele de intrare: vibrații de amplitudinea, A și frecvența, f ;

$$A_{\min} = 1,08 \text{ și } A_{\max} = 1,34 \text{ [mm]} ; \quad f_{\min} = 30 \text{ și } f_{\max} = 34 \text{ [Hz]}$$

- variabilele de ieșire: gradul de compactare, K, și tasarea, h [mm];

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Rezultate exepriementale

tor	A	B	K, grad compact					tor	A	B	h _j , tasare				
n #	A, amplit	f, freqv	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	w #	A, amplit	f, freqv	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
1	1,08	30	83,45	82,8	85,02	83,2	82,23	1	1,08	30	8,3	8,4	9	8,9	9,4
2	1,08	34	100,28	100	99,87	100,04	100,01	2	1,08	34	0,3	0,3	0,6	0,6	0,7
3	1,6	30	93,24	92,32	92,1	90,9	92,84	3	1,6	30	9,6	9,8	10	9,9	10,2
4	1,6	34	93,78	93,98	95	94,8	93,14	4	1,6	34	9,4	9,7	9,6	9,9	9,9
5	1,34	32	94,17	94,98	95,34	96	95,91	5	1,34	32	5	5,4	5,2	5,5	4,9
6	1,34	32	95,74	95,97	96,2	96,2	96,09	6	1,34	32	5,2	5,6	5,8	5,5	5,4
7	1,08	32	93,8	92,98	94,4	94,8	96,02	7	1,08	32	5,7	6	6,1	6,4	6,3
8	1,6	32	95,99	96,08	97,4	96,98	97,95	8	1,6	32	3,4	3,3	3,5	3,7	3,6
9	1,34	30	88,86	89,87	90,88	91,12	90,37	9	1,34	30	6,5	6,6	6,8	7	7,1
10	1,34	34	95,79	96,08	96,84	96,64	97,05	10	1,34	34	2,3	2,4	2,5	2,7	2,6

6. CONCLUZII

Lucrarea prezintă aspecte teoretice, experimente și rezultate obținute în studiul dinamicii interacțiunii rulou vibrator – pământ în timpul procesului de compactare.

Dragoș CĂPĂȚÎNĂ

Sunt sintetizate observații referitoare la modul în care are loc interacțiunea rului compactor – pământ, cu accent asupra modificării tipului de contact și, ca urmare, a variației valorilor caracteristicilor mecanice ale pământului compactat.

Rezultatele experimentale obținute prin studiul influenței valorilor parametrilor procesului de compactare (amplitudinea și frecvența vibrațiilor) asupra gradului de compactare și a tasării, vor fi utilizate (în cercetările ulterioare) pentru determinarea unor modele de regresie specifice procesului de compactare prin vibrație.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Mihailescu, S. et al.**, "Masini de Constructii", vol. 2. București: Editura Tehnică, 1984
- [2] **Belc, F. & Lucaci, G.**, „Căi de comunicație terestre. Elemente de construcție.”, Timișoara: Editura Solness, 2001.
- [3] **Bejan, S.**, „Analiza performanței procesului de compactare dinamică prin vibrații pentru structuri rutiere, Teză de doctorat.”, Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, 2015.
- [4] **Bratu, P.**, “Evaluation of the Dissipated Energy in Viscoelastic or Hysteretic Seismic Isolators,” Romanian Journal of Acoustics and Vibration (1), 2019.
- [5] **Bratu, P.**, “Dynamic Stress Dissipated Energy Rating of Materials with Maxwell Rheological Behaviour”, Applied Mechanics and Materials, Vol.801, pp 115-121, 2015.
- [6] **Dobrescu, C. F., Braguța, E.**, “Optimization of Vibro-Compaction Technological Process Considering Rheological Properties”, Proceedings of the 14th AVMS Conference, Timișoara, Romania, Springer proceedings in Physics ISBN 978-3-319-69822-9.
- [7] **Mihăilescu Șt., Bratu P., Goran V., Vlădeanu A., Aramă, Ș.**, „Mașini de Construcții II”, Editura Tehnică, București, 1985.
- [8] **Iliescu, Mihaiela, et al.** "Electric-Motion Infrastructure in Romania-Research on Machining Processes of Mechanical Components of e-Motion Charging Station." Smart Cities, Green Technologies, and Intelligent Transport Systems. Springer, 2016.