O NOUA ORDINE DE IDEI

Pentru calcularea travailului maximal a şinei din calea ferată, şi raţionala distribuţie a traverselor.

La 29 Martie anul trecut am avut plăcerea de a desvolta in o conferinţă in localul societăţei noastre o nouă teoremă a calculului travailului şinei din cale.

Am arătat ca resultat a acelui calcul o formulă pentru distribuţia cea mai raţională a traverselor.

Cu acea ocasie am fost rugat de mai mulţi colegi a publica in buletinul societăţei coprinsul acelei conferinţe.

Am intârziat insă cu dinadinsul, cu publicarea; pentru motivul, că se urma cu publicarea in buletin, a unei serii de *Note asupra intreţinerei calei ferate*, culese de colegul nostru D-l Condiescu, cu publicarea interesantei teorii «Asupra stabilităţei locomotivelor», după D-l Vicaire, şi a resultatelor esperimentale a D-lui Schubert, asupra influenţei secţiunei transversale a traverselor din cale. Toate dovadă de viul interes manifestat pentru studierea comportării suprastructurei liniei.

Am aşteptat deci, ca prin resultatele stabilite, şi coprinse in aceste publicaţiuni, să am dovezi mai apropiate pentru sprijinirea teoremei mele, şi de altă parte să fiu scutit de la unele demonstraţiuni, care ar face mersul acestui tratat greoiu.

In timpul din urmă, spre a ţinea şi noi pas cu ţările din occident; s'a resimţit necesitatea de a mări vitesa trenurilor pe liniile noastre au devenit tot mai imperios, pe lângă imbunătăţirea materialului rulant; a se imbunătăţi şi consolida suprastructura liniei.

Din punctul de vedere economic, nu se află motivat cam de odată schimbarea profilului şinei, cu alt profil mai mare.

Ne-am luat deci refugiul la consolidarea şinei prin indeşirea traverselor, spre a mări resistenţa, sau mai bine zis spre a'i micşora travailul.

Pentru acest scop s'au prescris deja instrucţiuni şi norme de către serviciul C. F. R. decretându-se de es. a se pune sub şinele de typ 30 de 6,59 m. 11 traverse in loc de 8.

Din această sporire de traverse se produc cheltueli in cifra medie 2 lei pro metru corent de cale şi socotind intărirea numai a linielor principale pe 2000 kilom. lungime, cheltuelile se urcă la suma considerabilă de 4 milioane lei.

Fiind aceasta o sumă importantă, datoria noastră patriotică este, să ne aducem fie-care din noi tributul nostru intelectual, ca această sumă să fie intrebuinţată raţional şi in conformitate cu recerinţele ştiinţei

Din aceste consideraţiuni mě simţesc indemnat a supune aprecierei colegilor următorul tratat.

I. Despre determinarea travaiului şinei din cale

Travaiul unei grindi se exprimă prin formula :

$$K = \frac{Me}{W} \quad ^{1)}$$

K inseamnă acţiunea de resistenţă a grindei, muncirea la tracţiune ori presiune, in kilogram pe unitatea de suprafaţă, in secţiune transversală.

Pentru esprimarea acestei resistenţe moleculară a grindei s'au acceptat termenul technic franţuzesc «travail.»

e distanţa stratului celui mai depărtat de la axa neutră.

W momentul de inerţie a profilului grindei.

Mărimele e şi W sunt determinate prin secţiunea transversală a grindei.

M insă este dependent de modul de incărcare, şi modul de sprijinire.

Şina este rezemată pe mai multe traverse, care nu sunt reazeme ficse.

Pe de o parte traversele se cufundă in balast la trecerea materialului rulant deasupra şinei, de altă parte se pot sălta in sus, când reacţiunea in sus ar fi mai mare de cât greutatea traversei. Incărcarea nu este o greutate moartă, ci o greu-

[1] Am acceptat semnele intrebuinţate de prof. E. Winkler de a cărui opuri m'am folosit la desvoltarea teoremei mele.

tate rulantă, care apasă asupra șinei nu numai cu greutatea efectivă, ci și cu o putere vie, resultată din salturile și oscilațiunile materialului rulant.

La aceasta se mai adaogă ciocăniturile roților tocite, puterile centrifugale resultate la trecerea materialului rulant peste valurile ce se formează prin încovăerea șinei

Toate aceste împrejurări fac determinarea momentului de flecsiune M nesigură, și prin urmare determinarea mărimei K hipotetică. Am putea recurge la o altă formulă pentru determinarea mărimei K prin eliminarea mărimei M.

Consultând linia elastică a șinei la trecerea peste dânsa a materialului rulant.

Dacă însemnăm cu (ρ) radiul curburei liniei elastice, cu (E) modul de elasticitate, cunoaștem formula:

$$\frac{1}{\rho}=\frac{M}{EW} \quad \text{sau} \quad M=\frac{EW}{\rho}$$

substituind acestei valori a momentului M în formula travaiului $K=\frac{E.e}{\rho}$.

Această formulă ne arată că dacă am putea cunoaște curbura șinei, cum se modelează la trecerea peste dênsa a materialului, rulant, am putea stabili travaiul șinei independent de modul de sprijinire și încărcare.

Ne ar trebui deci un aparat care să ne arate la un moment dat flexiunea șinei în mai multe puncte.

Un aparat corespunzětor nu ne este cunoscut.

Aparatul Fränkel și Eschenazi, pentru determinarea oscilațiunilor.

Aparatele Flamanche, Huberti, Coüard și Ast, pentru determinarea săgeților de flexiune ne fiind ast-fel înzestrate, ca să arate aceste săgeți simultaneu la mai multe puncte de odată: nu sunt apte pentru determinarea curbei elastice a șinei.

Și până când vom dispune de un aparat corespunzětor, să ne luăm refugiul la destăinuirea curbei elastice pe cale teoretică.

Din această destăinuire vom putea stabili modul de comportare a șinei la fie-care punct.

De și nu vom putea obține valori absolute a mărimei travaiului, vom putea elimina hypotesele care fac acest calcul ne sigur și vom obține valori relative a travaiului la ori-care punct al șinei.

Aceste valori le vom putea compara între sine și vom putea decide în mod absolut în care punct a șinei aceste valori sunt mai mari ori mai mici, vom putea stabili acele condițiuni care trebuesc îndeplinite, ca travaiul maximal să fie la toate punctele șinei același.

Putem dar stabili: condițiunele celei mai raționale posă de cale, cu alte cuvinte cea mai rațională repartisare a traverselor.

Din ecuațiunea: $K=\frac{Me}{W}$

ne vom ocupa cu determinarea momentului de flexiune M singurul factor necunoscut.

Și fiind-că dorim a determina travaiul maximal, vom căuta numai mărimea momentelor maximale la diferitele puncte ale șinei.

1) Se stabilim care este momentul maximal în deschiderea de la joant.

Mě ocup de acest punct, pentru urmarea ordinilor de idei. Cititorul mě va dispensa de la demonstrațiunele bazate pe regulele statice.

Colegii mei cunosc că legătura șinelor la capete nu produce continuitatea în firul de șine. Servește numai pentru a asigura stabilitatea șinei în sens horizontal.

In sens vertical eclisele nu contribuesc la suportarea încărcării șinei; numai atunci când șurupurile sunt perfect strânse.

De și am avea mijloace ca să menținem eclisele în permanență presate la corpul șinei; de ex: s'ar putea nitui,—nu facem us de aceste mijloace, pentru că atunci eclisele nu ar mai corespunde scopului de a permite dilatarea șinelor.

Pentru determinarea momentului maximal în deschiderea de la joant, trebue se considerăm cazul cel mai nefavorabil adică: șurupurile eclisei nestrânse.

In momentul când roata materialului rulant pășește pe capul șinei, presupunênd că joantul se află la mijlocul deschiderei.

Insemnând distanța din axă în axă a traverselor (l_0). Greutatea cu care apasă roata pe șină (G) momentul de flexiune maximal, va fi în axa traversei de lângă joant, cu înțeles negativ:

$$M_0=-\frac{1}{2}\,Gl_0 \qquad \text{Fig. No. 1.}$$

Această valoare a momentului este independentă de modul de sprijinire a șinei în cele-l'alte puncte.

Incărcarea șinei în cele-l'alte deschideri are efectul de a micşora acest moment, după cum vom vedea in cursul acestui tratat.

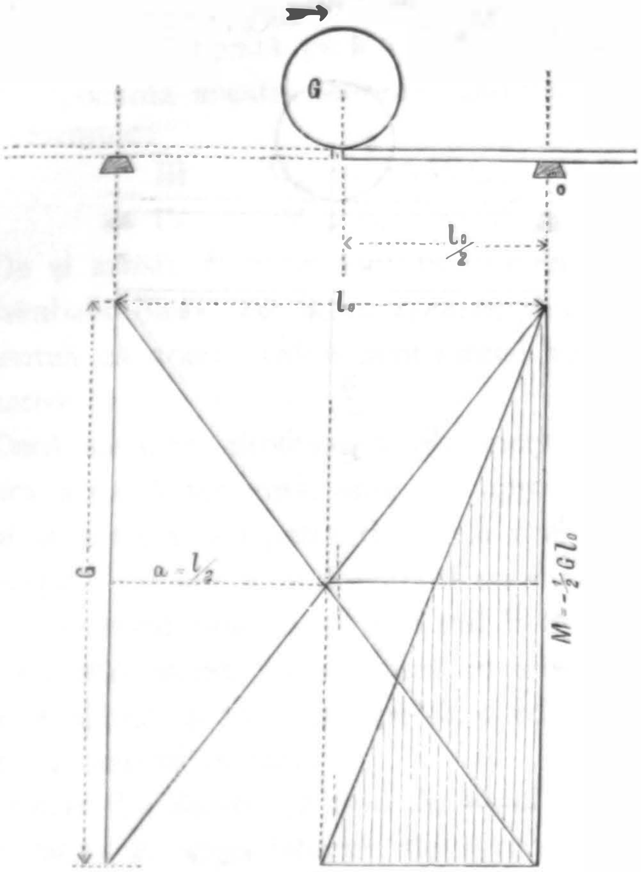

Fig. 1

Prin urmare această valoare a momentului o putem considera ca un maximum absolut.

Ar mai fi de discutat valoarea greutăţei G.

Această valoare nu este numai greutatea efectivă a roţii ci augmentată cu puterile vii provenite din salturile, oscilaţiunele materialului rulant.

Fiind-că aceste puteri vii, le putem considera egale lucrând şi in cele-l'alte deschideri ale şinei le vom negligea de astă dată.

Scopul acestui tratat, după cum am arĕtat la început, este de a stabili formule pentru calcularea momentelor maximale relative, adică corespunzênd aceloraşi condiţiuni.

Drept acea vom considera şi in cele următoare acelaşi (G).

2) Momentul maximal în prima deschidere după joant, va fi sub punctul încărcat. Va atinge maximul absolut, când roata se află aproape de mijlocul deschiderei. Pentru simplificare vom lua chiar mijlocul.

Numind momentele de asupra reazemelor, cu M'_0 şi M'_1.

Va fi momentul în mijlocul deschiderei:

$$M_1 = \frac{1}{4} G l_1 - \frac{M_0' + M'_1}{2}.$$

Momentul M_1 va atinge valoarea maximală atunci, când M'_0 şi M'_1 vor fi minimum, fig. No. 2.

M'_0 va fi minimum, atunci când deschiderea de la joant va fi neîncărcată. Când vom considera şurupurile nestrânse ast-fel şina să poată bascula liber pe prima traversă. In acest caz $M'_0 = 0$.

Avem dar pentru momentul maximal în prima deschidere formula:

$$2) \qquad M_1 \max = \frac{1}{4} G l_1 - \frac{M_1}{2} \text{ minim.}$$

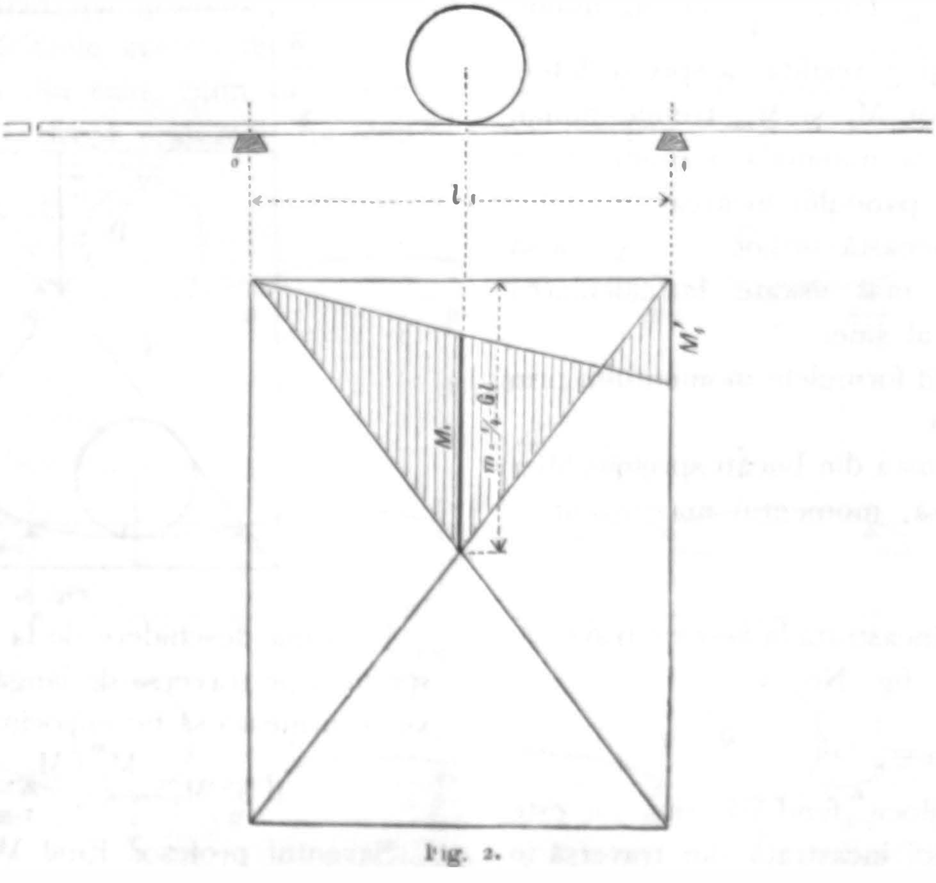

Fig. 2.

3) Pentru deschiderea mijlocie: fig. No. 3.

$$M_{m1} = \frac{1}{4} Gl - \frac{M'_{m-1} + M'_m}{2}.$$

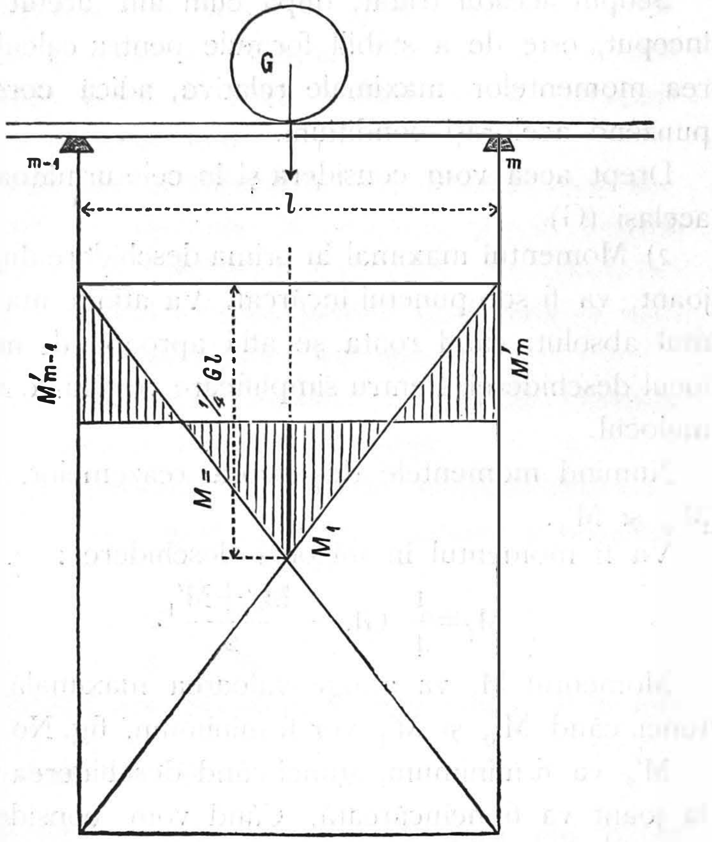

Fig. 3.

M_{1m} va fi maximum, când M'_{m-1} și M'_m vor atinge valori minimale :

M_{m-1} minimum $= M_m$ minimum, va fi deci :

3) $M^m \max = \frac{1}{4}$ Glm $- M_{m-1}$ min. $= \frac{1}{4}$ Glm $- M_m$ minm.

Din ecuațiunele 2 și 3 rezultă că spre a determina maximul valorilor M_1 și M_m trebue numai să determinăm valoarea minimală a momentelor de asupra reazemelor panoului încărcat.

Intrerupem acum această ordine de idei ca să vedem formulele cele mai usitate la calcularea momentului maximal al șinei.

Practicienii au stabilit formulele momentului prin următorul raționament.

a) Dacă șina ar consta din bucăți sprijinite liber din traversă în traversă, momentul maximal ar fi:

$M_a = \frac{1}{4}$ Gl, fig. 4.

b) Dacă însă ar fi incastrată la fie-care traversă, ar fi momentul, conf. fig. No. 5.

$$M_b = \frac{1}{8} \text{ Gl.}$$

In deschiderile mijlocii fiind că șina nu este nici liber sprijinită, nici incastrată din traversă în traversă urmează ca momentul să fie mijlociu între aceste două valori.

$$\text{I} \quad M_m = \frac{M_a + M_b}{2} = 0.1875 \text{ Gl.}$$

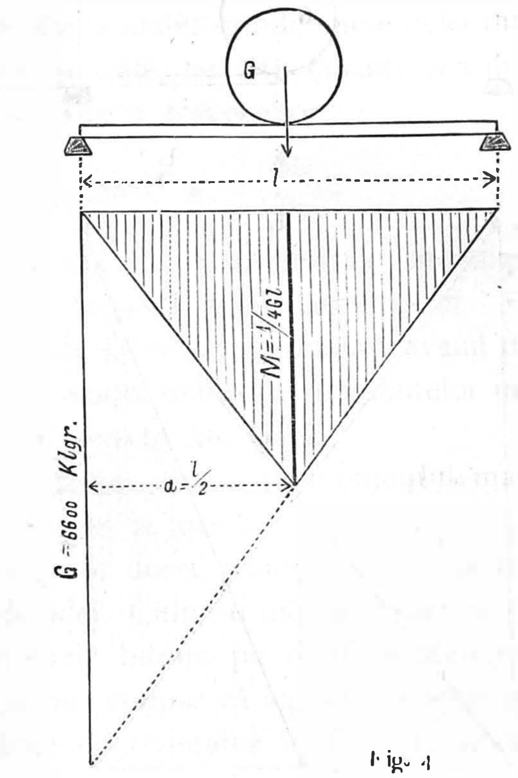

Fig. 4

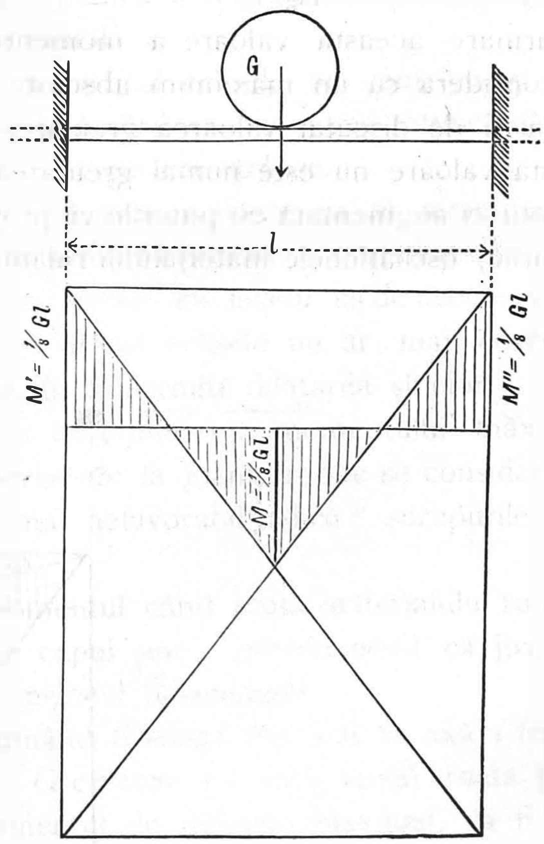

Fig. 5.

In prima deschidere de la joant, șina este liber sprijinită pe traversa de lângă joant. Momentul maximal urmează să fie mijlociul între M_a și M_m.

$$\text{II} \quad M_1 = \frac{M_a + M_m}{2} = 0.2188 \text{ Gl.}$$

Savantul profesor Emil Winkler căruia îi datorim coprinderea în formule analitice, și resolvarea grafică a multor probleme statice; spre a da o ustificare statică acestui raționament hipotetic, acceptă șina sprijinită pe infinit de multe reazime, și cu aplicarea acestei teoreme deduce următoarele formule:

$$\text{III} \qquad M_m = 0{,}1888\ Gl$$
$$\text{IV} \qquad M = 0{,}2190\ Gl$$

De și aceste formule sunt tipărite în opul sĕu «Eisenbahn-Bau» cu litere *cernite*, nu omite a accentua că aceste valori sunt numai valori aproximative.

Dacă savantul profesor, a aflat meritoriu a desfășura această teoremă, spre a'și apropia coeficienții la a treia și a patra decimală mai mult, de adevĕrata valoare a momentului maximal de cât erau formulele practicienilor. Cred a fi motivat a desveli prin acest tratat calea ce am pătruns'o spre a ajunge și mai aproape de o adevĕrată valoare a acestui moment.

Declar din nainte că firul Ariadnei 'l-am găsit deja întins în acest labirint, de savanții mei predecesori, și meritul meu este numai de a fi rărit tufișul care acoperea calea pe care voesc a conduce pe amabilii mei colegi.

II. Incărcarea critică a șinei

De vom urmări cu atențiune calculul momentelor maximale după teorema grinḍilor continue, vom constata că condițiunile acestei teoreme nu sunt îndeplinite la șina din cale. Știm că traversele care servesc șinei drept reazeme, nu sunt ficse. Ele se tacsează în balast sub presiunea roții. Se pot ridica în sus când puterea, reacțiunea în sus, ar fi mai mare de cât greutatea lor proprie.

Profesorul E. Winkler arată că prin încărcarea șinei conform fig. 6.

Se produce o putere de a ridica șina în sus, și această reacțiune poate atinge 1700 kgr. pro șină.

Luând greutatea traversei inclusiv balastul deasupra traversei, și fricțiunea balastului, pro șină 100 kgr. mai rămâne o putere disponibilă de 1600 kgr. care face să se salte șina cu traversă cu tot.

Indată ce reazemul s'au ridicat din patul sĕu, și au rĕmas atârnat de șină, nu se mai poate aplica teorema obicinuită a grinḍilor pe mai multe reazime ficse. Trebue să considerăm reazemul suspendat ca neesistent, ca făcând parte din încărcarea grinḍei, cu greutatea sa proprie. Această împrejurare trebue luată în considerare la calcularea momentelor; și în special la stabilirea șemei de încărcare critică prin care resultă momentele maximale.

Să presupunem în treacăt că suprastructura liniei n'ar avea greutatea proprie.

De exemplu să luăm în cercetare o șină necramponată către traverse, și să considerăm șina ca neavênd greutate proprie, în fig. 7.

Să încărcăm panourile alternativ. Prin aceasta s'ar produce în panoul important un moment (Mm).

$$M_m = \frac{1}{4}\ Gl - \frac{M'_{m-1} + M'_m}{2}.$$

Acum să trecem greutățile din dreapta și stânga panoului de sub cercetare (m) cu câte un panou mai departe, fig. 8.

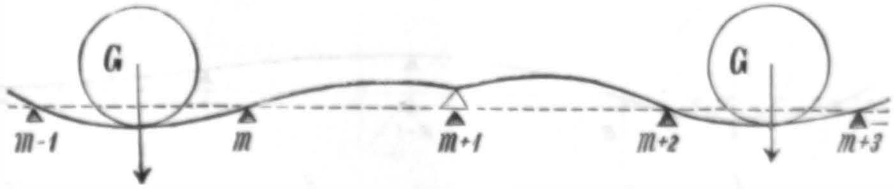

Fig. 6

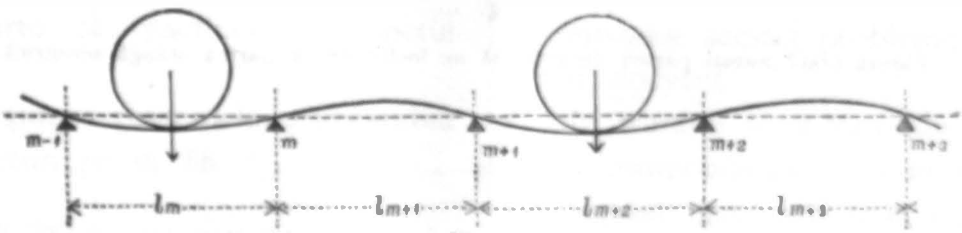

Fig. 7.

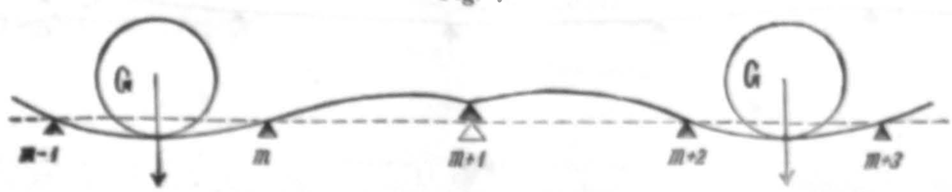

Fig. 8.

Este evident, că prin această depărtare a încărcărilor, curba liniei elastice deasupra reazemelor (m — 1) și (m) va deveni mai dulce, radiul (ρ) mai mare, prin urmare M′m — 1 și M′m mai mici deci momentul de flexiune va crește.

Ducând dar greutățile laterale tot mai departe până la infinit, sau cu alte cuvinte, depărtând de pe șină încărcările din dreapta și stânga a panoului important. Momentele Mm — 1 și Mm vor deveni minimale=o și momentul de flexiune la punctul încărcat.

să revină la un punct oareși-care în patul sěu normal.

Linia elastică se va forma deci conform fig. 10.

La punctul *r* unde traversa începe a atinge patul sěu normal presiunea pe balast va fi *o*; tangenta curbei elastice va fi=o.

Și de la punctul *r* mai departe șina nu va fi influențată de greutatea din panoul *m*.

Depărtarea de la reazemul *m* până la punctul *r* vom numi-o raza de reacțiune a încărcări (R).

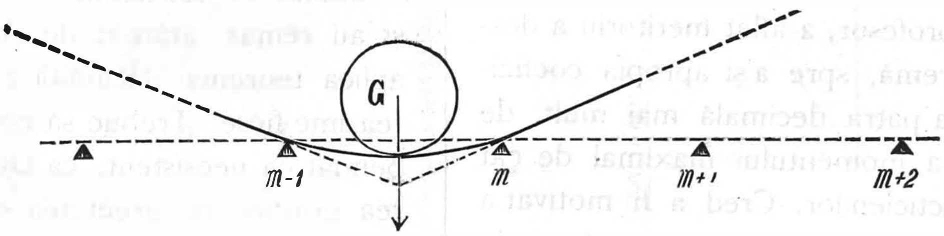

Fig. 9.

M_m va fi maximum.

$$M_m = \frac{1}{4} Gl =_m . \qquad \text{fig. 9}$$

In acest cas însă șina ar trebui să se salte în sus de cele douĕ capete. In dreapta și stânga reazemelor $_{m-1}$ și $_m$ șina ar trebui să urmeze direcția tangentelor curbei elastice de la reazeme.

In realitate acest caz nu se poate întâmpla șinele fiind legate între șine cu eclisele De șină atârnate traversele. Greutatea acestora face ca șina

Să readucem acum din nou pe șină simetric, în partea dreaptă și stângă a panoului *m* Greutățile G.

Până când aceste greutăți nu ar avea nici o reacțiune asupra punctului *r* momentul Mm nu se schimbă.

Apropiindu-se aceste greutăți (fig. 11) de punctul $r_0 r_1$ până când în urma reacțiunei aceste puncte încep a se sălta. Momentul M_m va începe a cresce și devine tot mai mare până când aceste greutăți sosesc în punctele $r_0 r_1$ și atunci valoarea M_m atinge maximum.

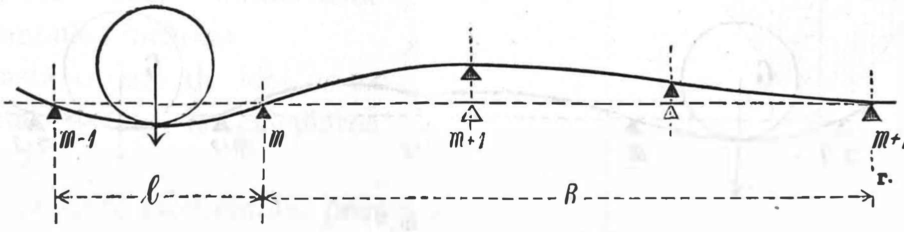

Fig. 10

Figura arată numai partea dreaptă, să ne închipuim și partea stângă simetrică.

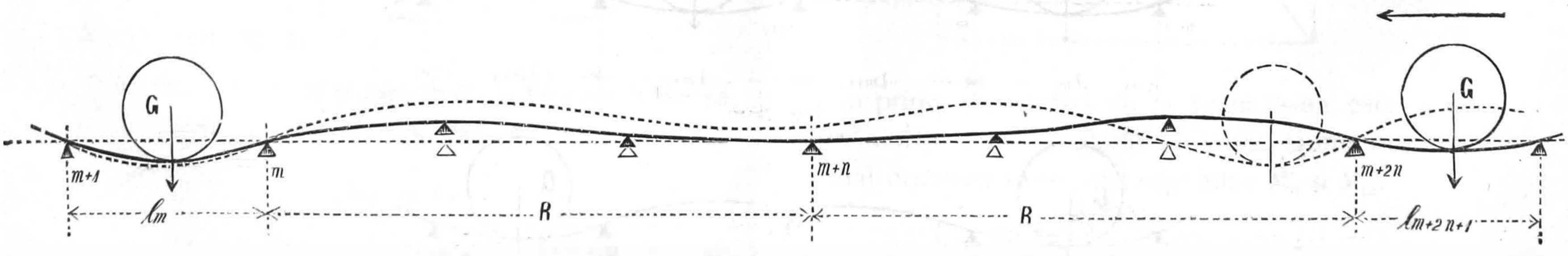

Fig. 11

Prin acest raţionament am stabilit şema de încărcare critică a şinei, conf. fig. 12.

$$Dm-1 = Dm = \left(R + \frac{l}{2}\right)q + \frac{G}{2}$$

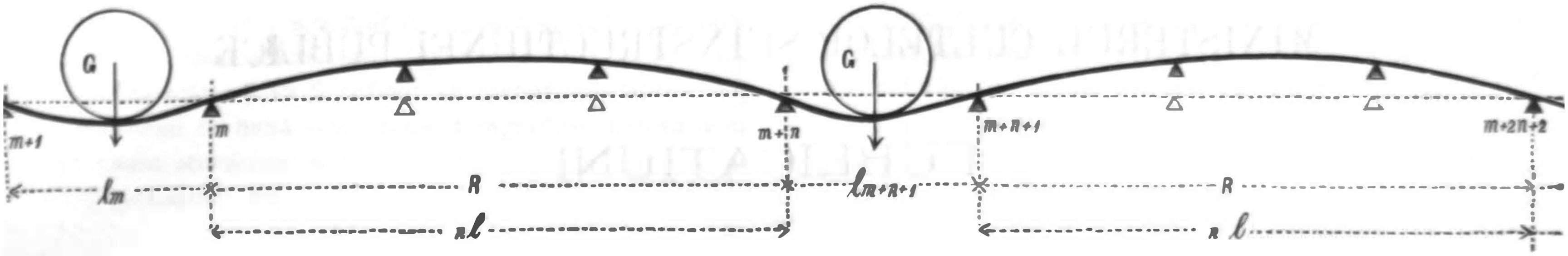

Fig. 12

Ar trebui să cunoaştem numai raza de reacţiune R şi am putea proceda la determinarea momentului maximal după regulele cunoscute.

Să procedăm dar la determinarea acestei raze R.

Din definiţiunea ce am dat mai sus, acestei raze de reacţiune, resultă că putem considera şina la punctul r_0 şi r_1 incastrată horizontal fiind tangenta curbei elastice = o = fig. 13.

în cele următoare vom lua mărimea ql greutatea proprie a şinei pe întinderea unei deschideri; faţă de greutatea G negligeabilă, prin urmare:

$$Dm-1 = Dm = Rq + \frac{G}{2}.$$

Cu ajutorul acestor date vom proceda la determinarea razei de reacţiune R.

In conferinţă am ales procedeul grafic pentru

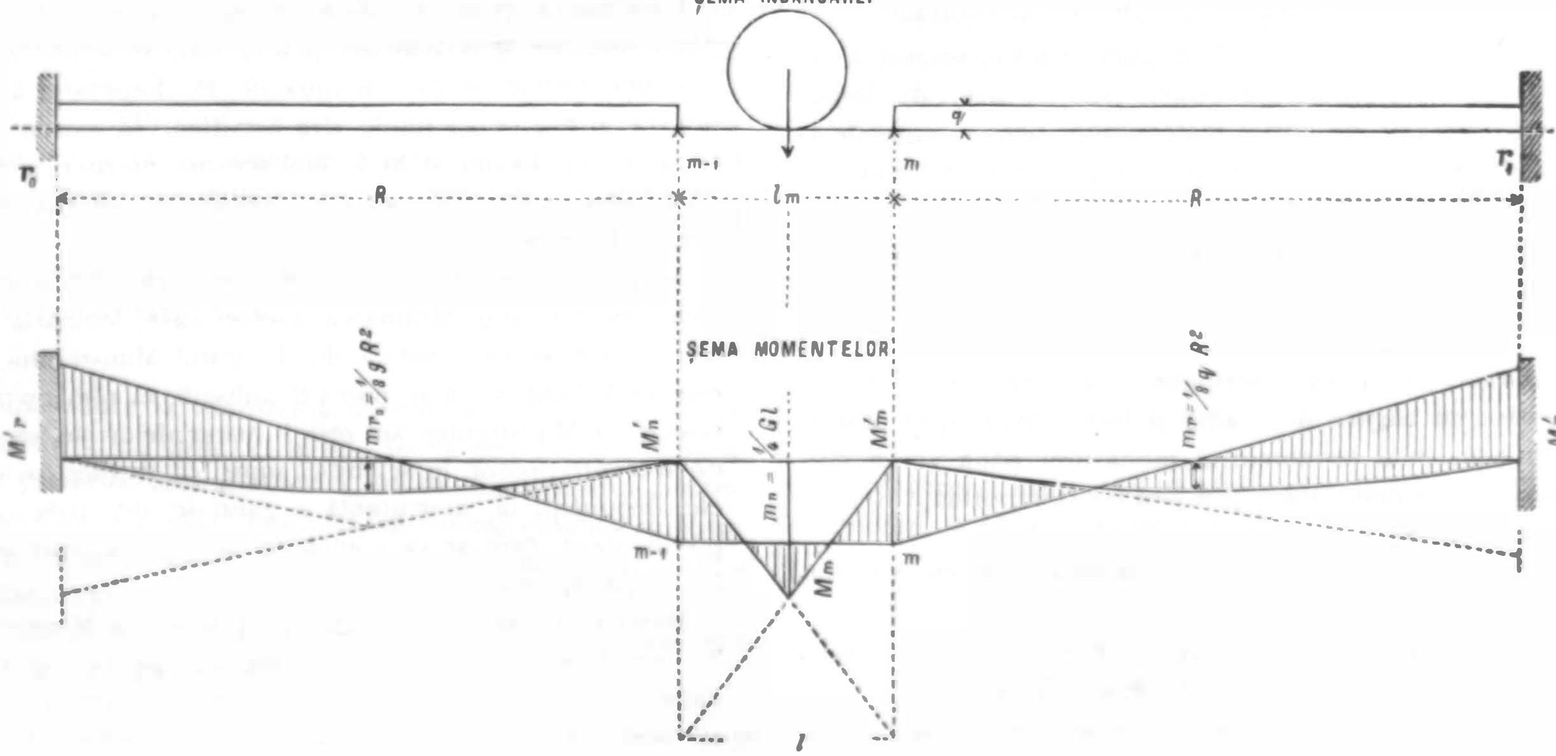

Fig. 13

Am zis mai departe că reacţiunea la punctul r_0 şi r_1 = o.

Numind cu D reacţiunea reazemelor q greutatea proprie a suprastructuri pe m. lin.

$$Dr_0 = Dr_1 = o$$
$$Dm-1 + Dm = (2R + l)q + G,$$

şi din causa simetrii

resolvarea acestei probleme, fiind acest procedeu mai elocvent.

In tratatul scris însă aflu că calea analitică este mai compendioasă, şi mai argumentativă, putând fi supusă mai uşor unui control din partea cititorului.

(Va urma).

I. Cornea.
Inginer.