

# Ruperi și căderi de poduri

RAMIRO GAVRILESCU

Inginer

## I

Ultimele două căderi ale podurilor dela *Valea Largă* atât de apropiate una alteia în timp, spațiu și împrejurări ne-au impresionat.

Mărturisim că nu ne interesează vinovații; ne interesează vina lor, ne interesează cauzele adevărate ale acestor căderi, cari studiate de aproape ne pot duce la concluzii prețioase: verificări ale ipotezelor de calcul, constatări ale calității, comportării materialelor, modul de acțiune al forțelor exterioare și poate, constatări de fenomene cărora nu li se dă până acum destulă importanță.

Asemenea căderi s'au întâmplat și în alte părți.

Unele din ele au fost studiate de aproape de unii dintre cei mai de seamă specialiști ai timpului, dând loc la cercetări îndelungate și discuțiuni aprinse în revistele tehnice.

Astfel e cazul podului dela *Mönchenstein* unde anchetele au fost făcute de *Ritter*, *Tetmayer*, *Collignon*.

Altele au fost acoperite de vălul administrativ; nimic din cercetări nu a transpirat, tehnicienii trebuind să se mulțumească cu câteva explicațiuni vagi aruncate ziarelor și comentate de acestea după posibilitățile lor tehnice.

Nu e mai puțin adevărat însă, că oricare ar fi

foșt concepția administrațiilor interesate în asemenea accidente, asupra publicității și dreptului de a fi discutate din punct de vedere tehnic cât mai pe larg, totdeauna, fie circulările ministeriale, fie regulamentele administrațiilor au reflectat într'o oarecare măsură concluziile relative la acele accidente.

Studiul fenomenelor întâmplate în asemenea cazuri interesează atât de mult unele administrații și cercuri tehnice, încât poduri îmbătrânite au fost de multe ori scoase din linie și destinate încercărilor de rupere. Aceste încercări s'au făcut totdeauna după un calcul prealabil, relativ la deformațiuni și sarcinile ce trebuiau să producă rupturile, cari urmau să verifice sau nu ipotezele și teoriile de calcul în vigoare.

S'a ajuns astfel la concluzii interesante, cu atât mai mult, cu cât este știut că de multe ori calculul stabilește numai un schelet al eforturilor primare, deși uneori ele sunt acoperite de eforturile secundare. Sunt cunoscute cazurile barelor unor poduri în cari calculul după care se făcuse construcțiunea dădea tensiuni, pe când aparatele *Rabot* au constatat în ele compresiuni în unele regiuni, tocmai din cauza eforturilor secundare cari nu luseseră considerate în calcul.

În această ordine de idei, a încercărilor, podul al doilea căzut la Valea Largă fiind identic cu primul, dacă mijloacele ar fi permis înlocuirea lui simultan cu refacerea primului, ar fi oferit cel mai bun prilej de studiu.

În orice caz stabilirea cauzelor unor asemenea căderi, este o chestiune delicată și cu atât mai dificilă cu cât trece mai multă vreme dela data accidentului la data începerei anchetei.

Problema este pe cât de interesantă pe atât de complexă, ea comportând pe lângă factorii de ordin tehnic și alții de ordin psihic, administrativ, etc. Și pentru că aceștia din urmă iau adesea proporții de natură a umbri interesul tehnic al chestiunii, credem că e bine a plasa accidentele de acest fel în cadrul

general al dezvoltării podurilor metalice, cu avantajele și desavantajele lor, cu gloriile și punctele lor negre, pentru ca astfel să se poată aprecia adevăratul loc al unui asemenea accident în acest cadru și apoi degajați de deformarea proporțiilor lucrurilor scoase din ansamblu, să putem examina problema cu calmul și interesul tehnic cel prezintă.

De aceia cele ce urmează le considerăm ca primul capitol al studiului accidentelor dela *Valea Largă*, studiu la care ar fi de dorit să ea parte toți acei cari ar putea aduce o contribuție cât de mică la luminaarea acestei chestiuni <sup>1)</sup>.

Înainte de a expune câteva cazuri de accidente la poduri metalice vom spune numai câteva cuvinte despre dezvoltarea deosebită a acestui gen de poduri.

Ele datează cam dela mijlocul veacului al XVIII, căci în afară de câteva poduri suspendate înainte de această dată, găsim în 1741 podul peste *Tee* și în 1776 podul peste *Severn* (Anglia); acesta din urmă construit din arce de fontă cu  $l=31$  metri, de inginerii *Darby* și *Reynolds*, servește și astăzi.

În anul 1800 numărul podurilor de metal nu trecea de 10 dar 90 de ani mai târziu numai în America numărul grinzilor metalice era de 25.000.

Astăzi podurile metalice se întâlnesc peste tot.

Desvoltarea mare e datorită în special căilor ferate cari necesită o variație foarte mare de deschideri și înălțime de construcție, la cari celelalte materiale de construcție nu se pot acomoda.

Podurile suspendate au luat repede un avânt enorm, astfel găsim în 1847 podul peste *Ohio* cu  $l=308$  m., ce e drept a căzut 7 ani mai târziu.

Grinzile cu inimă plină ajung la deschidere de 140 metri în 1844 la podul *Britania* care a alcătuit de altfel un salt enorm față de ceiace se construia pe atunci.

---

1) În acest scop coloanele Buletinului Societății Politecnice sunt deschise celor ce ar dori să-și aducă contribuțiunile lor. (N. R.).

Grinzile cu zăbrele trecuseră și ele încă din 1850 deschideri de 100 metri.

În 1917 podul dela *Quebec* realizează o deschidere de 548 m. (fig. 1).

Materialul de construcție a podurilor metalice a fost la început fonta, a urmat apoi fierul în 1808 la un pod lângă *Paris* cu  $l=12$  m. În 1860 oțelul începe a se întrebuiința mult; în 1895 oțelul moale îl găsim întrebuiințat pe scară mare la podul dela *Cerna-Voda* și în fine apar oțelurile speciale cu crom și nichel la podurile *Missouri*, *Queensborough*, *Quebec*.

În România veche, podurile de metal datează dela 1865.

## II

Cu toate criticile ce li s'au adus, numărul podurilor metalice a crescut considerabil în ultimele decenii și în special marile deschideri dela 150 m. în sus sunt toate trecute prin travee metalice<sup>1)</sup>.

Desvoltarea aceasta care a fost

1) Cele mai mari deschideri realizate până în prezent la poduri sunt :

a) pentru poduri de zidărie : bolta dela *Plauen*  $l=90$  metri.

b) pentru poduri de beton simplu e podul peste *Lot* la *Villeneuve*,  $l=97,45$  metri ;  $f=15,45$  m.

c) Pentru beton armat : Podul *Renasteriei* peste *Tibru* la *Roma*,  $l=100$  metri.

d) Pentru poduri metalice e podul dela *Quebec*,  $l=548$  m.

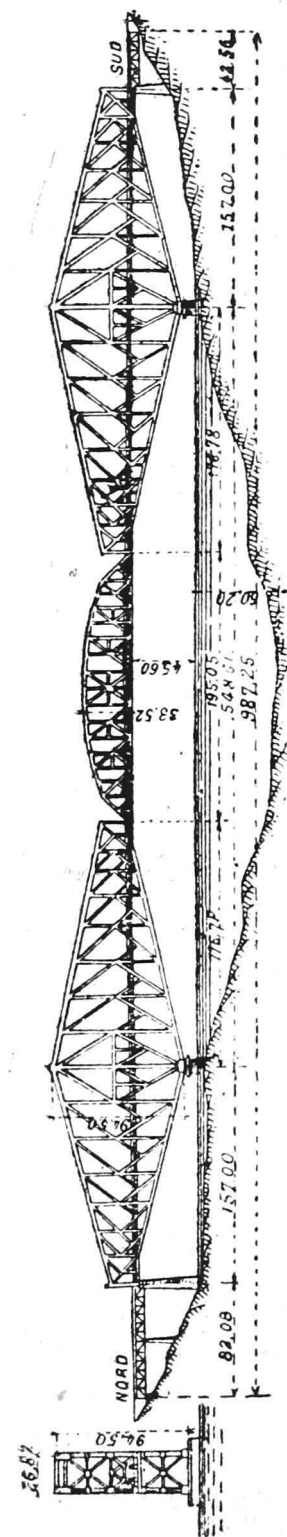


Fig. 1. Podul dela *Quebec*.



posibilă datorită puternicului uzinaj modern este însă pigmentată cu destul de numeroase accidente ce au luat în unele cazuri proporții de catastrofe.

Astfel la căderea podului dela *Astabula* (America) în 1876 au fost 92 morți și 64 mutilați; la *Mönchenstein* au fost peste 100 morți.

Pentru a da o idee despre numărul căderilor de poduri în general, vom aminti că numai în America dela 1879 la 1889 au căzut 286 de poduri<sup>1)</sup> din cari 43 erau metalice.

Până astăzi numărul lor a crescut și în șirul celor căzute, figurează poduri dela deschideri de câțiva metri, până la cea mai mare realizată până acum, podul dela *Quebec*  $l=548$  metri.

După împrejurările în cari au căzut diversele poduri metalice se pot diferenția mai multe categorii cari pentru fixarea ideilor le vom limita la următoarele cinci:

1. Poduri căzute prin ruperea suprastructurii în timpul exploatării, la trecerea sarcinilor pe ele.

2. Poduri căzute din cauza infrastructurii.

3. Poduri rupte de vânt.

4. Poduri căzute la încercări.

5. Poduri căzute în timpul construcțiunei.

Vom cita câteva exemple din fiecare categorie.

#### 1. Poduri căzute prin ruperea suprastructurii în timpul exploatării

Căderile din această categorie sunt cele mai impresionante; ele răscolesc conștiințele și pun acut chestiunea părții de responsabilitate a inginerului.

#### *Căderea podului dela Mönchenstein.*

La 14 Iulie 1891 s'a prăbușit podul dela *Mönchenstein* cu trenul pe el; au fost peste 100 morți.

---

1) Waddell: *Bridge Engineering*.

Acest accident a avut un mare răsunet și a fost studiat și discutat detaliat în lumea tehnică.

Podul situat pe linia Jura Simplon, trecea râul *Birs* printr'o singură travee oblică de 42 metri deschidere. Fusesse construit la

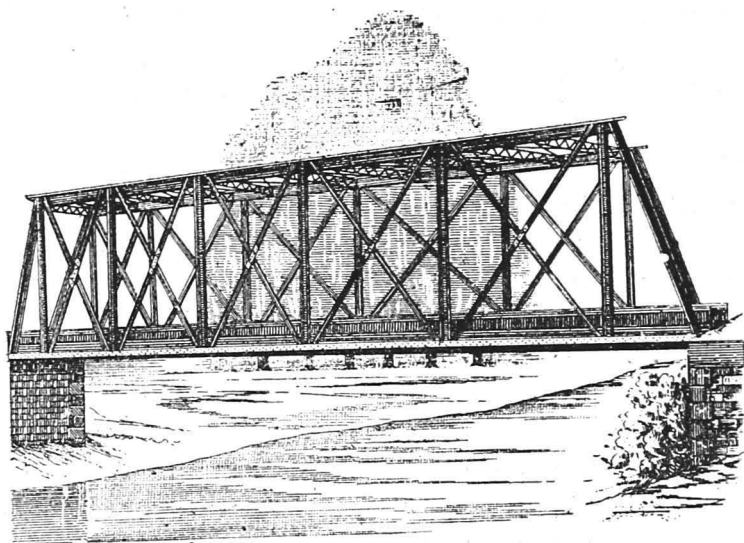


Fig. 2. Podul dela Mönchenstein (după consolidare)

Era situat lângă stația Mönchenstein, la eșirea dintr'o curbă cu rază de 350 metri a cărei racordare cu aliniamentul se făcea chiar pe pod.

Podul având o oblicitate de  $50^{\circ}4'.54''$  și era în rampă de  $3^{\circ}_{00}$ . Traveea unică era compusă din două grinzi trapezoidale sistem *Warren* cu  $l = 42,8$  m.  $h = 6,2$  m.  $b = 4,28$  m.; greutatea proprie: 1,2 tone pe metru liniar; calea jos.

Proiectul inițial prevedea o grindă parabolică cu  $h = 7$  metri; casa constructoare la schimbat însă ca mai sus.

A fost calculat pentru o sarcină uniform distribuită de  $6,1$  t/m.l<sup>1)</sup> repartizată astfel:

---

1) Raportul experților *Tetmayer* și *Ritter* asupra expertizei făcute la catastrofa dela Mönchenstein.

greutatea proprie . . . . .	1.2 t/m.l.
greutatea tablierului . . . . .	0,4 „ „
sarcina accidentală . . . . .	4,5 „ „
Total	6,1 t/m.l.

Luând ca bază de calcul rezistențele  $R_t = R_c = 600$  (considerându-se secțiunile *brute* în calcul) pentru un material căruia i se impunea prin caetul de sarcini o limită de rupătură  $R = 3200 \text{ kg.cm}^2$  și nici o alterație la  $R = 1500 \text{ kg.cm}^2$ , s'a ajuns la secțiuni în T de  $152 \text{ cm}^2$  pentru tălpi și în cruce cu  $105 \text{ cm}^2$  pentru diagonale (după consolidare); inimile tălpilor aveau  $\delta = 10$  mil. iar a antretoazelor și longeronilor numai 7 mil. Podul avea contravânturi la partea superioară cât și la cea inferioară formând grinzi în zăbrele împreună cu tălpile. sus, și cu antretoazele și tălpile jos. Guseurile de prindere aveau 7 milimetri grosime în cursul contravântuirilor și numai 5 milimetri grosime la extremitatea podului unde prinderea se făcea cu buloane, din cauza lipsei de spațiu.

Podului îi lipseau la extremități cadre puternice pentru asigurarea rigidității.

În Iulie 1880 cu ocazia unei dispozițiuni a Departamentului căilor ferate de a se examina și face încercări la podurile metalice în serviciu, podul peste Birs fusese supus la încercări cu un convoi de 3 locomotive a 56 tone și luase o săgeată de 15 milimetri și oscilațiuni laterale de 6 milimetri.

În asemenea condițiuni podul se comportase bine până la 1882; în acest an culea din stânga fiind afuiată de o viitură, a crăpat; o parte din ea cu unul din razeme prăbușindu-se, podul a rămas pe trei razeme numai, ceia ce a adus o torsiune a întregului sistem, capătul nesușținut coborându-se cu 70 cm.

S'au produs cu această ocazie fisuri aparente la diagonalele nodului numărul 2 dela o grindă și simetricului său față de mijlocul podului de la cealaltă grindă, deformațiuni ale guseurilor contra-

vântuirilor la aceleași noduri, precum și ruperi de nituri la unele noduri.

Ridicarea capătului nesuținut s'a făcut a doua zi și ea a fost urmată de reparațiunile părților deteriorate. S'au făcut apoi încercări cu două locomotive de 56 tone sub cari podul pentru o viteză de 15 kil. pe oră a luat o săgeată de 20 milimetri, părțile superioare ale tălpilor superioare deplasându-se în sens orizontal în spre afară cu 3,5—3,8 milimetri.

În anul 1884 podul a fost revizuit, iar un an mai târziu, în 1885 i s'au schimbat razemele vechi din spre Mönchenstein, cari erau cu plăci de lunecare, prin razeme de rulouri; Cu această ocazie capătul respectiv al podului fiind supraînălțat cu 13,5 cm. podul deveni aproape orizontal.

În 1890 linia de *interes local* pe care era podul devenind *linie internațională* a fost nevoie și s'a și efectuat o consolidare pentru a permite trecerea locomotivelor grele. Considerările au fost mai mult locale și cu această ocazie s'au sporit rezistențele admisibile la 700 kil.cm<sup>2</sup> introducându-se însă în calcul secțiunile *nete*. S'au întărit antretoazele și prinderile longeronilor.

În anul următor, 1891, podul s'a prăbușit în împrejurările următoare: (fig. 3)

La 14 Iulie ora 2.30 după amiază la trecerea unui tren compus din 2 locomotive și 12 vagoane cu pasageri ce mergeau la Mönchenstein să asiste la un concurs coral, podul s'a rupt la mijloc provocând căderea în apă a celor două locomotive și a primelor două vagoane cari se aflau pe pod; Peste ele au mai venit celelalte vagoane până la al optulea care a rămas suspendat pe culea *Bâle*; numărul morților a fost de peste 100.

Sarcinele sub care s'a produs ruptura au fost:

o locomotivă	de 66,29 tone cu 13,85 m. lungime				
o locomotivă	de 66,98	"	"	14,35	" "
un vagon bagaje	de 12,0	"	"	9,82	" "
un vagon clasă	de 17,9	"	"	15,37	" "

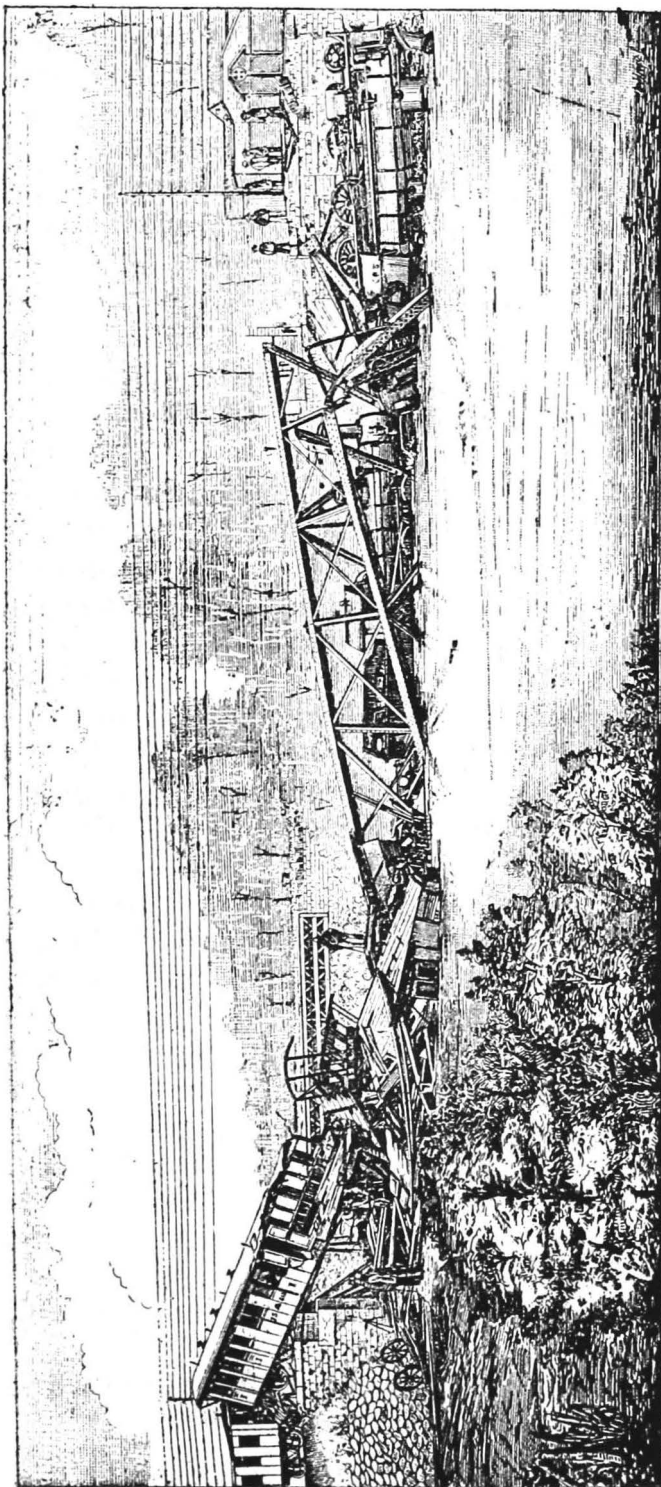


Fig. 3. Căderea podului de la Mönchenstein

Prima locomotivă ajunsese la culea Mönchenstein. Viteza trenului era de 40 kil. oră. După cădere podul prezenta foarte multe rupturi mai ales lângă culee.

Pentru stabilirea cauzelor s'au instituit expertize. Ele au fost făcute de *Ritter* și *Tetmayer*, profesori la Politecnica din Zurich, *Rotlinsberger Collignon* și alți ingineri.

Din raportul primilor, rezulta că podul cântărea în total 67,2 tone revenind nodurilor superioare câte 1,68 tone de nod, și nodurilor inferioare câte 1,96 tone de nod.

Sub sarcinile ce au produs ruptura podul a suportat un moment încovoetor  $M_{max} = 957$  tone metri: sarcina uniformă ce ar produce acest moment e de  $p = 4,34$  tone pe m. l., pe când podul fusese calculat la o sarcină uniformă mai mare:  $p = 4,5$  t/m.l.

Eforturile din bare, tensiuni și compresii sub aceste sarcini dădeau rezistențe admisibile. Nu la fel a fost însă cu barele supuse la flambaj, dintre cari la diagonalele 6 și 8 coeficientul de siguranță (după formula lui Euler) era 1. Nu e deci de mirare ca aceste bare să se fi rupt.

Importante erau eforturile secundare; astfel în prima diagonală efortul primar era de 520 kg., iar acel secundar la extremitatea superioară a barei, 1300 kgr., ambele de același sens. În alte bare efortul secundar mai mare ca cel primar și de sens contrar cu el, dădea barei o altă solicitare de cât aceea considerată în primul calcul de proiectare.

În orice caz — zice raportul — limita elastică a fost cu siguranță întrecută în barele 1 și 2 dela capăt și deci o deformare permanentă anterioară căderii, trebuie să fi fost.

În definitiv *Ritter* și *Tetmayer* ajung la concluzia următoare :

Podul era slab și prezenta defecte de construcție ;  
Calitatea materialului nu era bună ;

Podul fusese slăbit la primul accident din 1881 și insuficient consolidat în 1890;

Cauza de căpetenie a căderii sunt diagonalele dela mijlocul podului cari erau slabe; la aceasta se mai adăogă efectul eforturilor secundare.

*Collignon* și *Hauser* atribue ruperea, unor fisuri interne mărite succesiv ale pieselor podului și datorite „*aux coups de voie*“. Podul mai avea o predispoziție către voalare, moștenită dela primul accident; eforturile alternante ar fi contribuit și ele; și în fine în orice caz lipsa de rigiditate transversală nu poate fi scoasă din cauză. După dânșii „*le pont s'est deversé et tordu*“.

*Rotlinsberger* precizează că grinda din amonte care suferise mai mult la primul accident, a trebuit să se voaleze întâi.

*I. Gaudard* profesor la Lausanne atribue căderea lipsei de rigiditate transversală a podului, lipsei de ancoraj a grinzilor în zidărie, secțiunilor prea slabe, oarecăror imperfecțiuni de construcție și în special escentricității nodurilor grinzilor principale.

În rezumat căderea a fost provocată de slăbiciunea podului, nu de o deraiere cum se emisese păreri la început, ruperea avându-și origina în primul accident și a fost accentuată de lipsa unei rigidități generale și escentricitatea nodurilor.

Remarcabil e faptul că în primul raport provizoriu *Ritter* și *Tetmayer*, ajungeau la concluzia că nici valoarea construcțiunei și nici calitatea materialului nu puteau fi cauza căderii, pe care o atribuiau probabilității unei deraieri; În raportul final însă concluziunile sunt exact contrarii; la ele s'au ajuns după un studiu aprofundat.

Atât primele cât și ultimele concluziuni au fost mult comentate, creindu-se curente pe baza lor, aducând saltul răspunderii dintr'o parte în alta, și o învățătură pentru cei ce au avut a-și da părerea mai târziu în cazuri analoage.

### *Căderea podului dela Wilcutt (Statele-Unite).*

S'a întâmplat la 31 August 1892. Ca și cel dela Mönchestein podul peste *Westfield* lângă *Chester* era oblic și așezat la eșirea dintr'o curbă.

Avea două travee cu  $l=31.8$  metri fiecare ; grinzele cu tălpi paralele, diagonale sistem multiplu.

Podul era construit la 1874, pentru cale dublă și avea tablierul la 8,5 metri deasupra apei.

Pentru a permite trecerea cu locomotive mai grele, se începuse consolidarea, ce urma să se facă fără întreruperea circulației.

Podul s'a rupt la trecerea unui tren de persoane.

Ruperea a început când locomotiva s'a angajat pe prima travee ; ea avu totuși vreme rupând atelajul să treacă și a doua travee, și să ajungă pe mal unde s'a răsturnat. S'au prăbușit ambele travee. Au căzut patru vagoane din care unul lângă pilă unde apa avea 9 metri adâncime ; 17 morți și 30 răniți.

Cauza e datorită neglijenței personalului ce făcea consolidarea.

Din anchetă rezultă că podul fusese slăbit de lucrătorii ce făceau consolidarea și lăsat în condițiuni periculoase

Consolidarea comportând înlocuirea unor tole ale tălpilor, acestea fuseseră schimbate, dar nituirea nu era făcută complet.

Din raportul profesorului *Swain* către comisia de anchetă rezultă că la una din tălpile superioare pe o porțiune de 7,5 metri nu erau de loc nituri, iar buloanele de siguranță erau insuficiente.

În ziua accidentului lucrătorii părăsiră lucrul la ora 12 pentru masă și lăsând podul în asemenea condițiuni, primul tren care a trecut s'a prăbușit.

### *Podul peste Niede.*

Situat la Praunheim lângă Frankfurt pe Main, podul peste *Niede* a căzut în August 1892 la trecerea unui compresor (fig. 4).



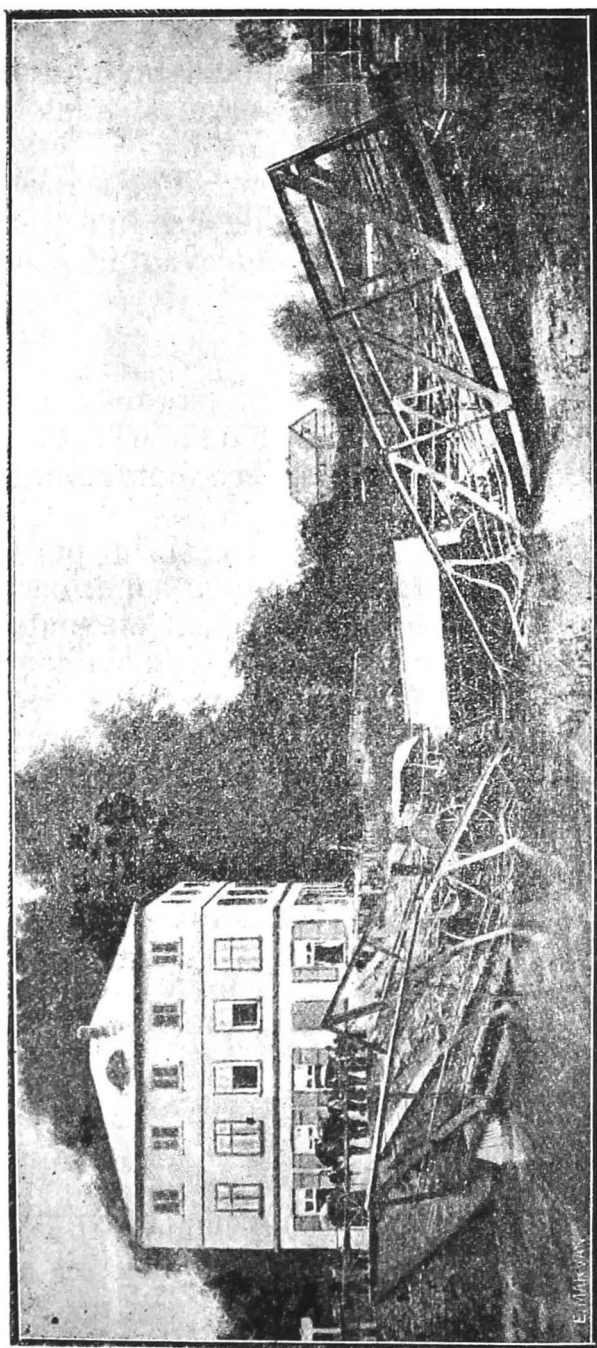


Fig. 4. Căderea podului peste Niede.

Podul (de șosea) avea grinzile cu tălpi paralele și diagonale întinse; calea jos.

Cedarea a avut loc la mijlocul podului unde s'a produs flambaj pe 3 panouri, care a adus căderea podului de pe unul din razeme.

*Jasinsky* inginer și profesor la Petrograd pe acea vreme, atribue căderea, lipsei de rigiditate a tălpilor de sus, podul fiind lipsit de contravânturi superioare.

### *Podul peste Kewda.*

Situat pe linia Morschansk-Syrram (Rusia) a căzut în 1875 la trecerea unui tren de marfă. Avea  $l=32$  metri,  $h=4$  metri, calea jos, fără contravântuiri superioare.

Cauza căderii e aceeași ca și la podul peste Niede: lipsa de rigiditate a tălpilor superioare.

Proporțiile accidentului au fost atenuate de această dată, de oarece căderea producându-se puțin după darea în circulație a podului, podul de montaj se găsea încă nedesfăcut și căderea s'a făcut pe el.

### *Podul Montalvo.*

Situat lângă San-Ascenio pe linia Saragosa-Bilbao a căzut în 1903 la trecerea unui tren făcând 100 victime.

Era alcătuit din grinzi cu inimă plină; ruperea unei travee a produs căderea trenului.

### *Podul suspendat dela Angers.*

A căzut în 1851 la trecerea unei companii de soldați. Avea  $l=104$  m. și fusese construit în 1838. Căderea a fost provocată de vibrațiunile produse de mersul cadențat al soldaților. 226 soldați au căzut odată cu podul.

Pentru a termina cu această categorie de poduri vom mai da un exemplu de accident de natură puțin diferită de a precedentelor.

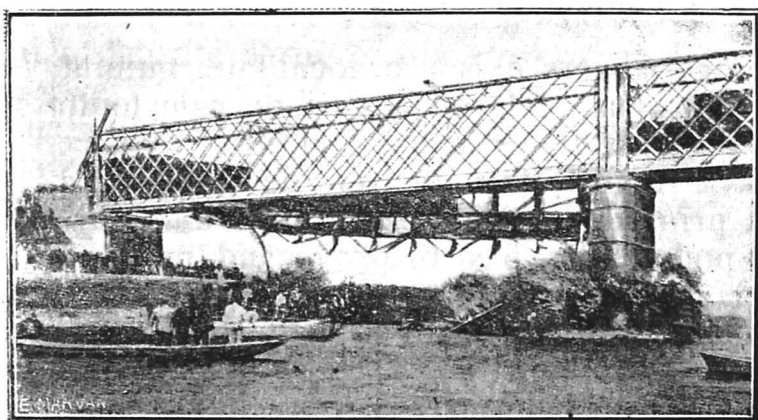


Fig. 5. Accidentul dela Pons de Cé.

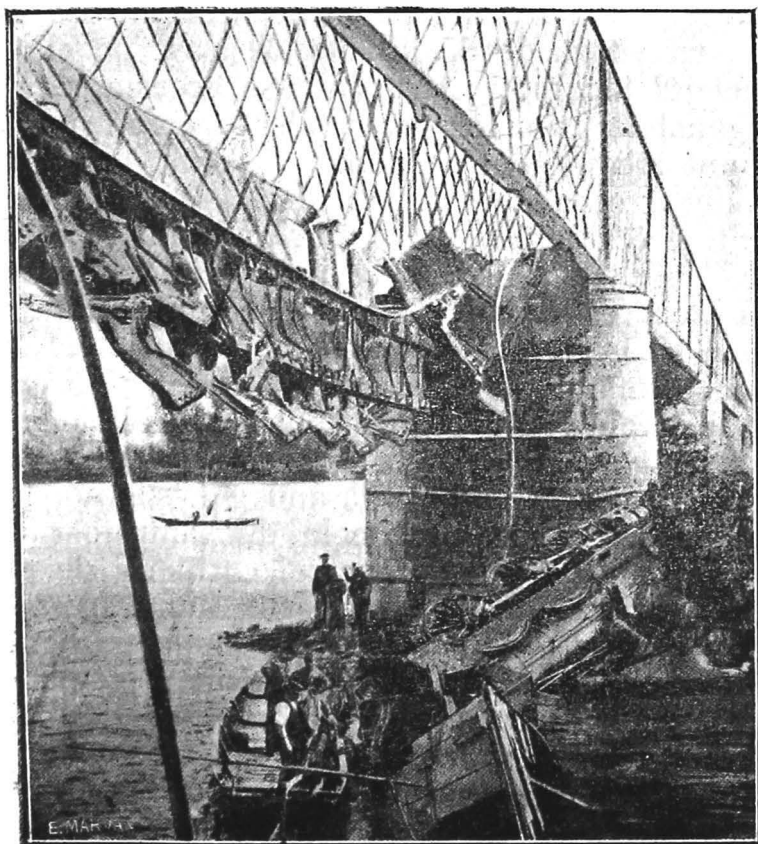


Fig. 6. Accidentul dela Pons de Cé.

## *Accidentul podului de la Cé.*

Lângă Angers există o localitate numită *Ponts de Cé* din cauza celor 6 poduri de cale ferată și de șosea, peste *Loire*, în acel punct.

La 4 August 1907 un tren de pasageri a căzut în apă prin ruperea tablierului celui mai mare dintre aceste poduri, (fig. 5 și 6) provocând moartea a 27 pasageri.

Podul fusese construit în 1876 având o lungime totală de 320,6 metri ( $2 \times 39,8 + 5 \times 48,2$ ) și fiind așezat între două curbe la intrarea și eșirea de pe el; grinzile continue cu tălpi paralele; diagonale sistem multiplu era contravântuit la partea superioară; distanța între grinzi 4,5 m.; calea jos.

Acest pod mai suferise un accident în 1893 când un tren cu viteză de 55 kil./oră deraiașe pe el.

Atelajul locomotivei rupându-se aceasta s'a isbit de diagonalele grinzilor principale care s'au rupt dar au reținut locomotiva pe pod.

Podul trecea drept slab de oarece înainte de accident se legaseră pilele de jur împrejur cu cercuri de fier. Nu ele au fost însă cauza accidentului.

La trecerea trenului care era compus din 1 locomotivă și 9 vagoane, s'a rupt tablierul primei travee în chipul următor: antretoazele s'au smuls din niturile ce le fixau de grinda aval și prin ruperea longeroanelor de lângă prima pilă, s'au rabătut în jurul părții inferioare a grinzei amonte lăsând gol spațiul între grinzi la prima travee. La unele din antretoaze ruperea s'a făcut dealungul muchiei cornierei de prindere de grinda principală. Au căzut atunci în apă locomotiva și două vagoane, restul trenului rămânând pe linie prin ruperea atelajului. Grinzile principale au rămas la locul lor, grinda de amonte suferind o ușoară voalare.

Cauza ruperei pare a fi fost tot o deraiere în care locomotiva apropiindu-se de grinda aval a încărcat această parte a antretoazelor la mai mult de

cât fusese calculate; la aceasta se adăogă eforturile dinamice datorite săriturei din traversă în traversă a locomotivei.

Cauza deraierii ar fi fost dilatația șinelor la curba dela intrarea pe pod.

Ancheta s'a făcut de *Résal* și alți ingineri.

## 2. Poduri căzute din cauza infrastructurii.

Cele mai multe căderi de acest fel se datoresc apelor, cari la viituri afuiază pilele sau culeele, răsturnându-le.

### *Podul peste Arda.*

A căzut în 1895 din cauza fundațiilor. Podul situat lângă Adrianopol era de cale ferată cu  $l = 57$  m.; contruit în 1880.

E unul din puținele poduri a căror cădere a putut fi observată de tehnicieni în timpul producerei.

În noaptea de 29 Ianuarie 1895 apele mari ale râului afuind culea din dreapta, aceasta a basculat cu 1,4 metri, podul rămânând numai cu un razem de acea parte; ceiace a adus în pod o torsiune de felul celei a primului accident dela Möchenstein.

Ruperea sub greutate proprie a început la ora 1,30 dimineața prin cedarea, una după alta, a 8 bare din contravântuirile superioare și s'a terminat la ora 5,30 dimineața prin prăbușirea întregii travee dela malul drept, cauzată de ruperea tălpilor la mijloc.

### *Podul peste Nagaragawa (Japonia).*

A căzut în 1891 prin ruperea uneia din pilele sale cari erau de fontă.

### *Podul peste uedul Eddous.*

Situat lângă Bouïra (Algeria) a căzut la 17 Fe-

bruarie 1907 cu trenul pe el din cauza unei culee afuiate.

Podul avea  $l=52$  m. și era la 5 metri deasupra apelor.

În anul căderii iarna fusese foarte friguroasă și ploioasă; zăpada se coborâse lângă Bône la o altitudine de 300 metri, lucru foarte rar în Algeria.

La 15 Februarie căzu o ploaie timp de 36 ore înălțimea la pluviometrul din Bône ajungând la 60 cm.

*Oued-ii* și-au umflat apele cu 10 metri, apa ajungând și stând la 50 cm. în gara Bône și la 3 m. metri înălțime în câmpie.

Asemenea ape au afuiat ușor culea podului dela *Bouïra*, afuiare care nu s'a observat la vreme pentru a se opri circulația, astfel că primul tren ce a trecut (un tren de marfă) a adus prăbușirea traveei metalice care a antrenat locomotiva și patru vagoane.

Căderi de această natură s'au mai întâmplat și la noi la podurile peste Argeș, Sabar, Prahova, Olteț, Ialomița, Siret.

Debilitatea acestor poduri se datorea sistemului întreg după care se făcuse construirea căilor ferate la începutul dezvoltării lor în țara Românească.

Primele poduri metalice construite la noi aveau pe lângă alte defecte pilele slabe, alcătuite din coloane de fontă; adâncimea la cari se înfigeau aceste coloane era foarte mică, uneori 1 până la 2 metri sub albie, umplutura lor făcându-se în unele cazuri cu materiale mai ieftine ca piatra și varul. Astfel la podul peste *Cricov* la Albești, s'au pus roabe rupte, cozi de lopeți, scânduri putrede, cari nu se mai puteau întrebuința nicăieri.

Apele mari au avut deci puțin de lucru ca să răstoarne asemenea pile.

*Căderea podului peste Argeș (la Grădiștea).*

Podul era construit la 1868 și alcătuit din 6 travee,

două la extremități a 9,28, patru la mijloc a câte 30,96 m. Grinzi cu tălpi paralele, diagonale duble cu montanți de ranfort, calea jos.

Pilele și culeele, tubulare, erau fundate la 2,8 m.; ele au rezistat numai datorită arocamentelor din jurul lor.

La 23 Aprilie 1893 la o viitură, apa trecu peste linie și la trecerea unui vagon cu pietriș, la ora 3 după amiază, s'a putut observa o ușoară tasare.

A doua zi dimineța ora 7, tubul din aval al pilei No. 5 căzând a antrenat și cele două travee alăturate.

După calculele făcute cu acea ocazie rezultă că debitul Argeșului la data căderii a fost de 1250 m<sup>3</sup>/sec. față de 22 m<sup>3</sup>/sec. cât e la apele mici ordinare.

Au mai căzut în acest mod două pile ale podului peste *Siret* la *Cosmești*, podul dela *Vidra* peste *Sabar*, podul dela *Balș* pe *Olteț* și podul dela *Crivina* peste *Ialomița* (fig. 7).

Întâmplarea a făcut ca aceste accidente să nu se producă la trecerea trenurilor, ceiace a scutit pe contemporani de neplăcutul spectacol al cadavrelor și mutilațiilor.

Vom mai reaminti în fine :

*Căderea podului dela Conciu* (pe linia Ploești-Predeal. Kilometrul 55+730).

În această regiune pitorească linia trece pe distanța de 800 metri trei poduri și un tunel.

Tunelul e așezat între primul și al doilea pod (Ploești-Predeal).

Viața acestor lucrări de artă a fost foarte sbuciumată. Până astăzi capriciile naturei, și oamenii au distrus cele trei poduri de șapte ori.

Primul accident s'a întâmplat podului dela kilometrul 55+730 în anul 1883, când apa și materialele aduse de torenți și de Prahova i-au distrus tablîerul metalic.

Podul s'a reconstruit în 1884 având o deschidere de 45,9 metri, grinzi paralele, diagonale multiple, fără montanți, contravântuit la partea superioară; calea jos.

Fusese consolidat în 1904, adăogându-i-se 48 tone oțel la cele 125 cât cântărea înainte.

Materialul nou adăogat a fost oțel cu o rezistență la ruptură de  $R = 3700 - 4500 \text{ kgr./cm}^2$  față de  $R = 2700$

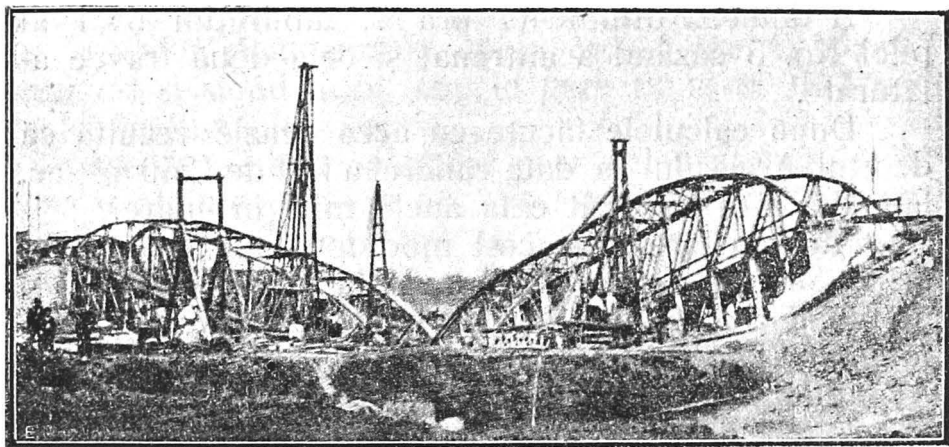


Fig. 7. Căderea podului peste Ialomița la Crivina.

—3400 kgr./cm<sup>2</sup> cât avea fierul construcțiunei vechi.

La 6 Iunie 1910 după o ploae de trei ore torenții și în special *Conciul* umflându-se au adus atât de multe materiale încât apa Prahovei neputându-le antrena spre a degaja albia, s'a format un amonte de pod un con, a cărui înălțime a trecut cu 3 metri peste nivelul căei pe pod, ceiace a făcut ca apa să înceapă a curge prin tunel.

Podul înglobat astfel în masa de materiale, a fost antrenat probabil de ea în aval de axul său (fig. 8). Apa spălând în urmă aceste materiale podul ne mai având pe ce se rezema a căzut rupând unul din capete (fig. 9) pe două panouri, tablierul întreg suferind o torsiune.



Cu această ocazie s'a putut constata diferența între cele două materiale întrebuințate în pod, înainte

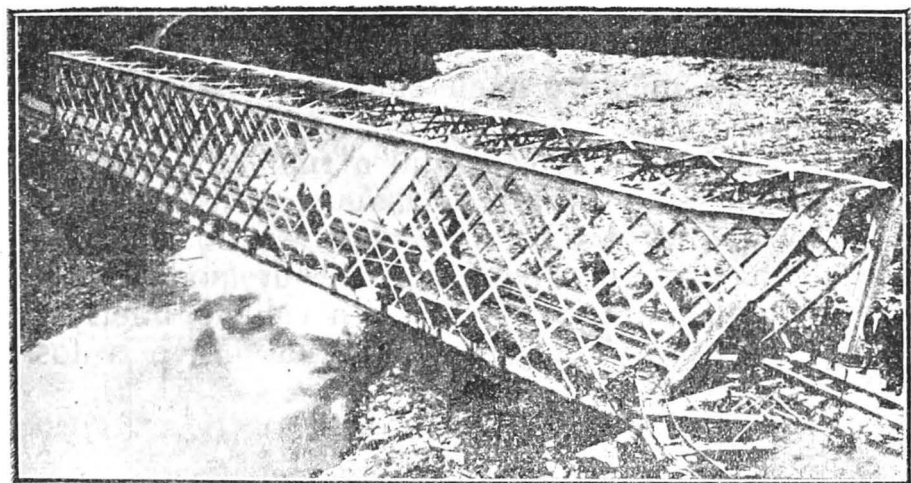


Fig. 8. Ruperea podului peste Prahova kil. 55,7 în 1910.

și după consolidare; piesele de oțel s'au îndoit până

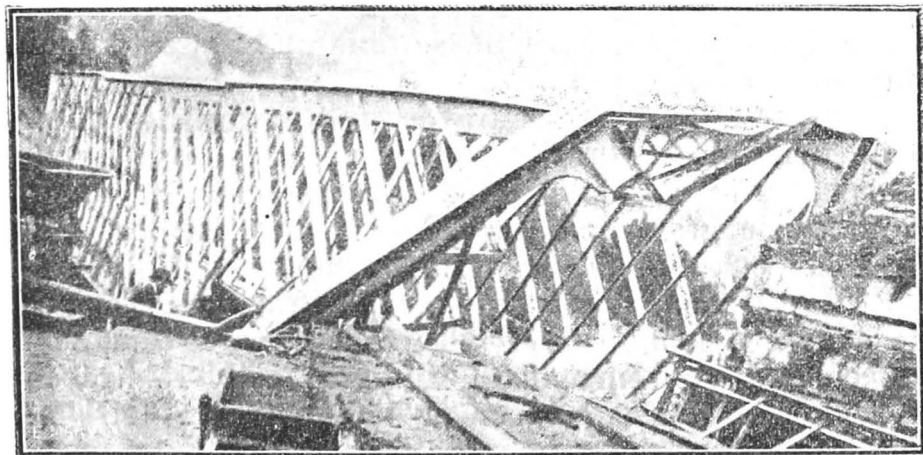


Fig. 9. Ruperea podului peste Prahova kil. 55,7 în 1910.

la  $90^{\circ}$  fără a prezenta nici fisuri, pe când cele de fier s'au rupt înainte de  $90^{\circ}$ .

### 3. Poduri rupte de vânt

#### *Podul suspendat de la Roche Bernard.*

Era așezat la 33 m. deasupra apei „*Vilaine*“-i având  $l=198$  m. între axele culeelor; fusese construit la 1836.

În Octombrie 1852 vântul a rupt tablierul și cablele în mai multe părți cari s'au prăbușit în apă.

Tot vântul care în acea regiune e foarte puternic a mai produs un accident acestui pod în 1866 când s'a rupt ancorajul unuia din cablele inferioare.

Un accident cu urmări mult mai grave a fost:

#### *Căderea Viaducului Tay.*

Acest viaduc trece peste golful Tay lângă *Dun-dee*. Lungimea sa de 3155 metri se compunea din 85 travee dintre cari 13 a 75 metri. Era alcătuit din grinzi cu tălpi paralele cu diagonale duble fără montanți; grinzile la 31 metri deasupra apei, rezemau pe pile metalice cu baza de zidărie.

Chiar dela construcție se întâmpinaseră dificultăți din cauza vântului.

În 1877 căzuseră 3 travee dintre cari 2 dintre cele mari; Deteriorările au fost reparate însă și viaducul dat în circulație după încercări făcute cu locomotivele grele dela acea dată; viteza se limitase însă la 40 kilometri pe oră.

La 28 Decembrie 1879 pe un uragan a cărui viteză pare a fi ajuns 144 kil. oră, la trecerea unui tren de călători ce venea din Edimburg, cele 13 travee mari s'au prăbușit cu tren cu tot de la 31 metri înălțime. E lesne de închipuit ce s'a ales din acea parte a viaducului.

#### *Căderea podului suspendat Lorois lângă Lorient (Franța).*

Podul avea  $l=115$  m. În 1865 a fost luat pe dea-întregul de vânt și aruncat în apă. Refăcut, a

suferit o nouă ruptură din aceeași cauză în 1894 când sub presiunea vântului podul luase înfățișarea unui leagăn colosal.

Cablele au rezistat, dar tablierul s'a rupt fără a provoca accidente de persoane (fig. 10).

### *Căderea podului de la Louisville (Statele-Unite).*

Podul trecea râul Ohio prin 6 travee ( $3 \times 165 + 2 \times 102 + 1 \times 63$ ) în lungime totală de 762 metri.

Deschiderile mari aveau grinzi cu câte 18 pa-

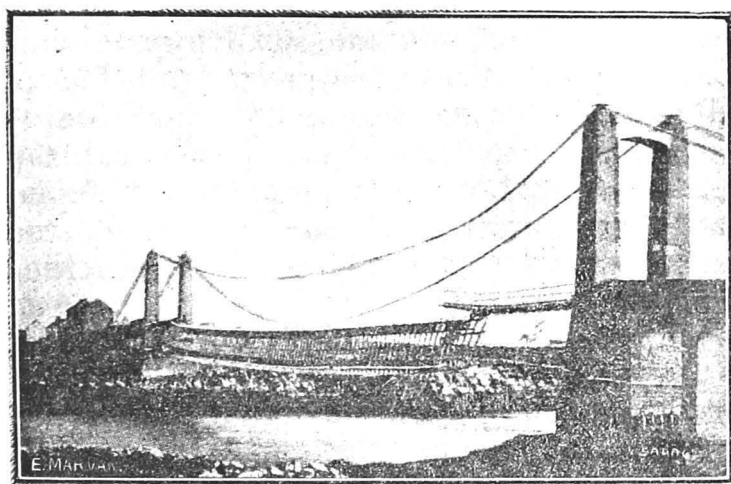


Fig. 10. Ruperea podului Lorois

nouri, cu înălțime maximă de 25,20 m. și lățime 9 m. Avea contravânturi jos și sus afară de primul panou unde gabaritul nu o permitea.

La data căderei, podul nu era încă terminat, erau gata cele 3 travee mici, iar dintre cele mari a 165 m., una era montată având eșafodajul ridicat deja, fără a fi însă complet nituită.

A doua avea 13 din 18 panouri montate pe eșafodaje, iar pentru a treia se băteau abia piloții eșafodajului.

La 15 Decembrie 1893 un uragan, următor unei creșteri a apelor cu 3,5 metri, a luat traveea a doua

care se monta; după aceasta prima travee care cântărea 1000 tone a fost smulsă din ancoraje și aruncată în apă la 10 metri în amonte de pile.

Căderea traveei în montare, pare a se datori lipsei de stabilitate a macaralei de montare. Aceasta avea 30 m. înălțime și 12 m. bază cântărind vre-o 100 tone. Lovită oblic de vânt pare că a rămas pe un singur razem la un moment dat, transmițând întreaga sa greutate unui singur montant al paleii care tocmai dădea semne de slăbiciune și a cărei consolidare se începuse fără a se putea termina. Strivirea montantului a adus căderea traveei.

Căderea traveei montate se datorește după unii unui ciclon local care a luat-o cu totul, lucru puțin probabil de oarece ar fi necesitat o presiune a vântului de 650 kgr. m<sup>2</sup>, iar după alții slăbiciunii panourilor extreme lipsite de contravântuiri superioare; contravântuirile inferioare nu erau nici ele montate la aceste panouri, iar montantul extrem nefiind încă nituit la mijloc, încovoarea în acest punct a adus căderea, făcând 22 victime.

### *Căderea Viaducului Tarde pe linia Montluçon-Eyguande (Franța).*

S'a produs la 1884 în timpul montării. Viaducul avea 3 deschideri: două laterale a 69 m. și una centrală de 100 m., cari se treceau printr'o grindă continuă cu tălpi paralele.

Montarea se făcea pe mal și se lansa grinda în lung cu ajutorul unui avambec de 30 metri.

Se acoperise deja o travee laterală și pe cea centrală se înaintase cu 53 m. din cari 30 avambecul, când în noaptea de 26—27 Ianuarie 1884 un vânt violent a aruncat grinda de pe pile de la o înălțime de 47 m. curmând astfel ezitățile conducătorilor de a continua montajul.

Se pare că vântul atinsese presiunea de 300 kg. m<sup>2</sup>. Asupra cauzelor, părerile au fost împărțite susți-

nându-se de unii alunecarea podului pe razeme sub presiunea vântului, iar de alții răsturnarea lui.

#### 4. Poduri căzute la încercări

Căderile de această categorie, relativ puțin numeroase, au avut avantajul de a putea fi mai bine studiate, producându-se tocmai în timpul observațiilor și ades sub ochii celor ce le studiaseră.

Raritatea lor dusesese într-o vreme chiar la concluzia inutilității încercărilor. În afară de aceasta se mai aduceau și alte argumente. Astfel un pod peste Morava trebuia să suporte la încercări o sarcină totală de 155 tone, și s'a rupt când încărcarea a atins 131,2 tone; deci dacă podul mai suporta încă 24 tone era considerat ca bun deși ar fi fost slab. Aceasta cu toate că deformațiunile reale nu depășeau cele date de calcul pentru sarcinile ce le produceau; astfel la podul menționat la sarcina sub care s'a rupt săgeata reală era de 26,3 mm. față de 27 mm. cât dădea calculul pentru acea sarcină care nu era cea de ruptură. Totuși podul s'a rupt pentru motivele ce se vor vedea.

Încercările podurilor au continuat și continuă a fi făcute, ceiace a adus încă câteva accidente, în orice caz mai puțin grave de câte dacă s'ar fi întâmplat în timpul exploatării.

*Căderea podului peste Chiarso lângă Paularo în Italia.*

Podul era construit pentru șosea, cu o singură deschidere de 43, 40 m.  $h=4,3$  m.  $l=4, 35$  m. Greutate totală a podului era 27 tone; grinzi cu tălpi paralele, diagonale sistem multiplu și cu montanți. Antretoazele la 1,55 m. între ele, iar longeronii înlocuiți prin fiarele Zorès.

Calea era așezată la 1,8 de la tălpile inferioare și avea un punct de sprijin la mijloc (fig. 11); rămănea astfel 3 m. înălțime de grinda nesuținută, podul neavând contravântuiri la partea superioară. Remar-

cabil e că nici la partea inferioară nu erau legături între tălpi, care probabil fusese uitate să se pună.

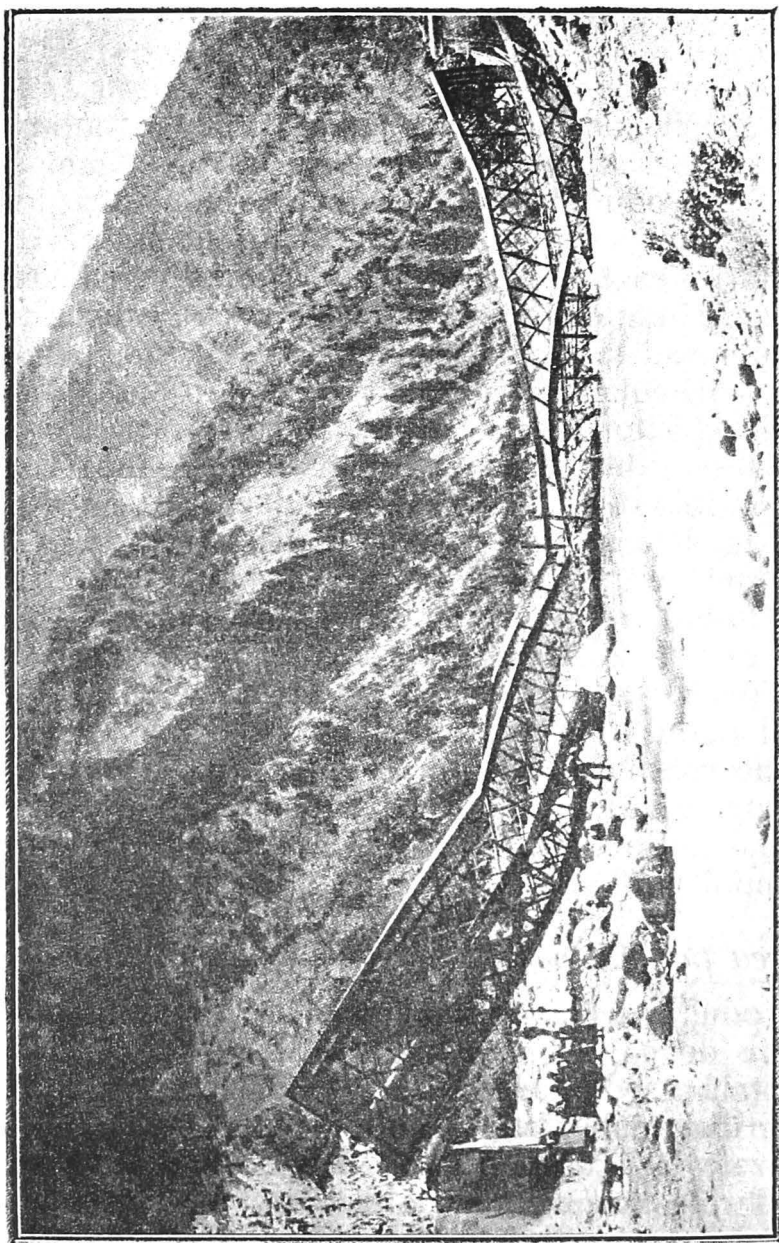


Fig. 11. Căderea podului peste Chiarso (la încercare)

Alcătuirea grinzilor era de asemenea slabă; montanții era alcătuiți din 2 corniere  $\frac{60 \times 60}{7}$  cu inimi

de  $60 \times 6$ ; diagonalele din 2 corniere  $\frac{60 \times 60}{7}$ , iar către mijloc se reduceau la  $\frac{50 \times 50}{6}$  sau la o platbandă de  $50 \times 5$ .

Antretoazele aveau o inimă de 6 mil. iar barele punctului de susținere, ca să-l numim astfel, de la mijloc (fig. 12) erau formate cu câte o cornieră de  $\frac{50 \times 50}{6}$ .

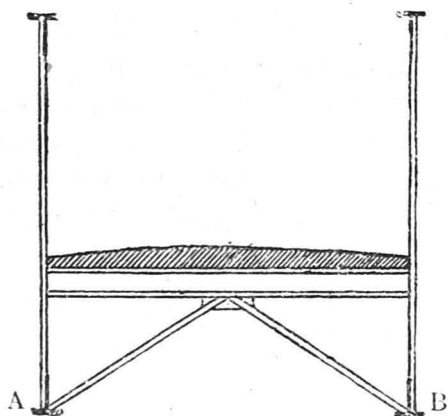


Fig. 12

Podul era slab și ca alcătuire generală și ca alcătuire elementară.

Sarcina pentru încercare era de  $350 \text{ kg./m}^2$  și se alcătuia cu pietre mari din albie. Ea se întinsese

la 21 Iulie 1894 deja pe două treimi din pod care luase o săgeată de 8 mil. iar tălpile superioare se apropiaseră între ele cu 10 centimetri. În acest moment deformarea a crescut brusc, grinzile replindu-se peste tablă (fig. 13) cu rupura tălpii superioare la mijlocul ei; aceasta a dus căderea podului de pe una din culei. Inginerul care supraveghea încercarea a fost omorât.

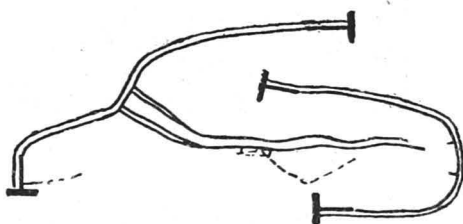


Fig. 13

Cauza căderii se datorește în primul loc flambajului tălpilor superioare.

*Căderea podului peste Morava la Ljubicevo (Serbia).*

Podul era pentru șosea având 3 travee egale a 61 m.  $l=6,5$  m.; grinzi semiparabolice cu diagonale întinse și montanți, panourile de la mijloc având și

contradiagonale ; înălțimea grinzilor  $h = 8,8$  la mijloc, și  $3,5$  la extremități, contravântuirea superioară lipsind din această cauză în primul panou. Podul era de șosea și urma să poată suporta eventual și o cale ferată. Calculul fusese făcut pe baza eforturilor maxime și minime cu o rezistență admisibilă de  $900 \text{ kgr./cm}^2$  ținând samă și de vânt.

Căderea s'a produs în Septembrie 1892 sub o sarcină uniformă (pietriș) totală de  $131,2$  tone, podul trebuind să susțină pentru încercări  $155$  tone. Grinzile au luat respectiv săgeți de  $25 \text{ mm.}$  și  $26,3 \text{ mm.}$  înainte de cădere. Lucrurile aveau aparența normală de oarece calculul dădea  $27 \text{ mm.}$  săgeată la acea sarcină.

Căderea (fig. 14, 15, 16), se datorește insuficien-

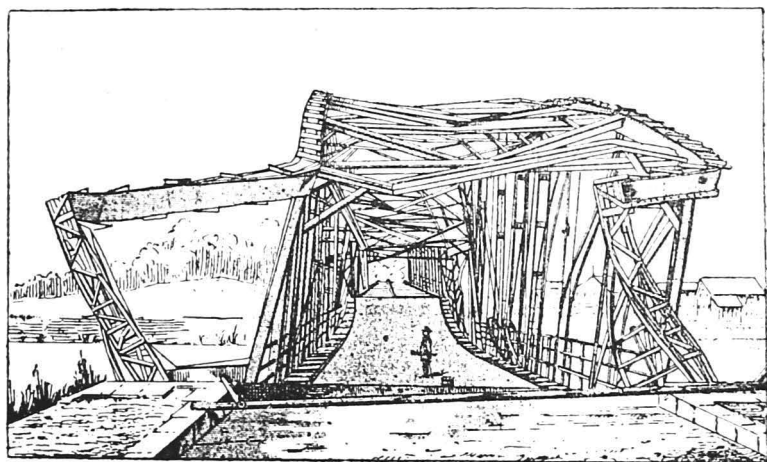


Fig. 14. Ruperea podului peste Morava (la încercări)

ței pieselor supuse la flambaj, a căror elemente componente nu lucrau solidar din cauza alcătuirii lor, și economiei de material ce s'a urmărit la suprastructură. Montanții extremi în special erau slabi ; ei au cedat urmându-le flambajul, tălpilor superioare. Căderea s'a făcut pe eșafodaje cari nu erau încă ridicate.

O anchetă asupra acestui accident s'a făcut de *Tetmayer* care a fost însărcinat de guvernul sârb cu aceasta.



*Căderea podului dela Inverness. (Scoția).*

Podul era pentru șosea având  $l=40$  m. și  $b=5,4$

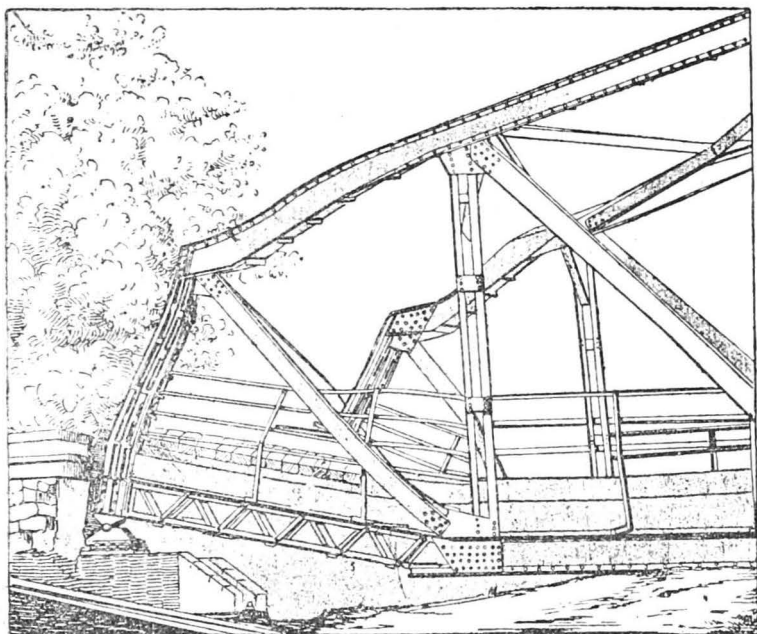


Fig. 15. Ruperea podului peste Morava (la încercări)

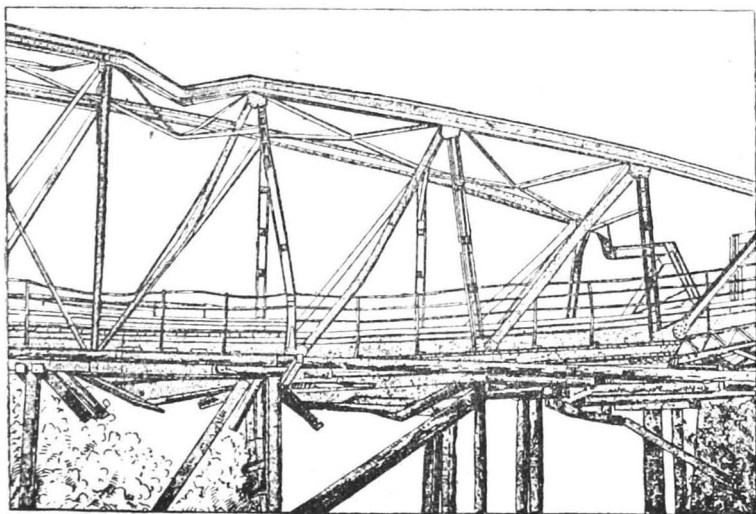


Fig. 16. Ruperea podului peste Morava (la încercări)

m. : era alcătuit din grinzi drepte de 3,9 m. înălțime

cu tăpile în T; diagonale sistem multiplu alcătuite din platbande; din 4 în 4 metri erau montanți. Podul cu calea jos, avea contravântuiri superioare.

Tablierul neavând antretoaze puternice, prinderea montanților jos nu era solid făcută, rigiditatea generală a podului fiind cam redusă.

Podul urma să suporte o sarcină uniformă de  $200 \text{ kg./m}^2$  numai, dar a cedat prin flambajul tălpei superioare când sarcina de încercare ajunsese abia la  $\frac{4}{5}$  din ceea ce urma să suporte, (fig. 17).

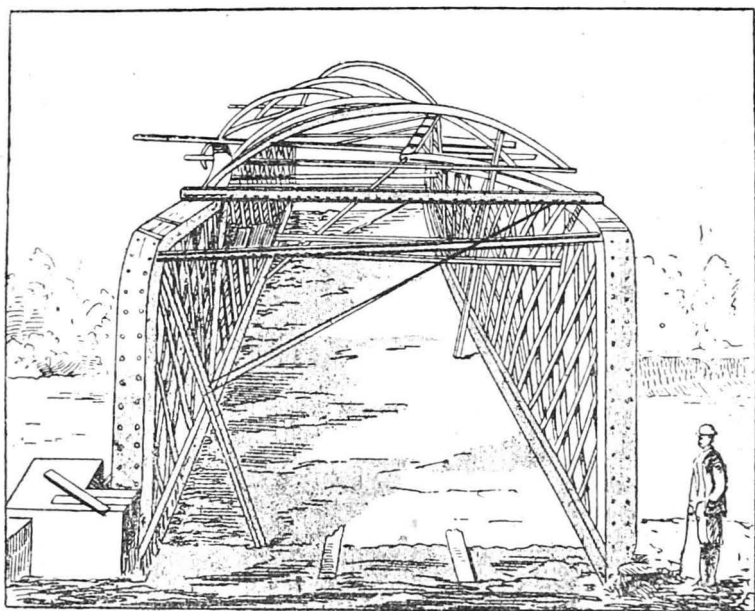


Fig. 17. Ruperea podului peste Invernes (la încercări)

După calculele făcute, rezistența admisibilă la flambaj era de  $890 \text{ kgr./cm}^2$  dar acesta s'a produs la  $860 \text{ kgr./cm}^2$ .

Se mai pot cita și alte exemple precum ale podurilor dela *Salez-Buchs* și *Rykon-Zell* (Elveția) căzute tot la încercări din lipsă de rigiditate generală. Ne vom opri însă la cazul unui pod militar; e vorba de

### *Căderea podului peste Adour la Tarbes.*

Podul a căzut la 17 Iulie 1897, înlocuia un altul căzut și el la 3 Iulie 1897 la o creștere a *Adour-ului*.

Noul pod avea o deschidere de 45 m. și susținea la partea superioară o cale ferată.

Grinzile tip de răsboiu *Marcille* aveau o înălțime de 2,20 m. numai și erau distanțate axial între ele cu 1,5 m., calea fiind așezată pe grinzi prin intermediul unor cuzineți bulonați de tălpile superioare. Acestea erau cu inimă plină, întărită cu corniere verticale și antretoazate între ele.

Avantajul acestui sistem, aplicabil deschiderilor până la 45, metri e montarea rapidă cerută de operațiunile militare, podul compunându-se din tronsoane de 1,66 m., 2,3 m., 7,5 m. și 10 metri, fiecare tronson fiind pentru lungimea sa un element complet de pod. Din combinarea acestor tronsoane se putea obține lungimea voită.

În podurile astfel alcătuite, materialul lucra la 1200 kgr./cm<sup>2</sup> față de 2200 kgr./cm<sup>2</sup> limită elastică și 4500 kgr./cm<sup>2</sup> limită de ruptură.

Montarea se făcea pe mal și lansarea în lung se efectua cu ajutorul unui avambec cu zăbrele. Contra greutatea dela celălalt capăt fiind alcătuită din tronsoane de pod.

Înainte de a fi construit la Tarbes acest sistem de pod fusese experimentat în cazuri analoage pe deschideri de 20—45 metri, dând rezultate bune.

E de remarcă însă că la *Artemare*, unde se mai construiseră o deschidere de 45 m., calea fusese așezată jos.

Împul de construcție fusese 3 zile (lucrând zi și noapte).

Podul dela Tarbes a fost supus la încercări în ziua de 17 Iulie 1897 adică 15 zile după întreruperea circulației prin căderea primului pod.

Încercările statice: o locomotivă cu tender de 72 tone timp de 30 minute la mijlocul podului, pro-

duseră o săgeată puțin mai mare decât cea dată de calcul.

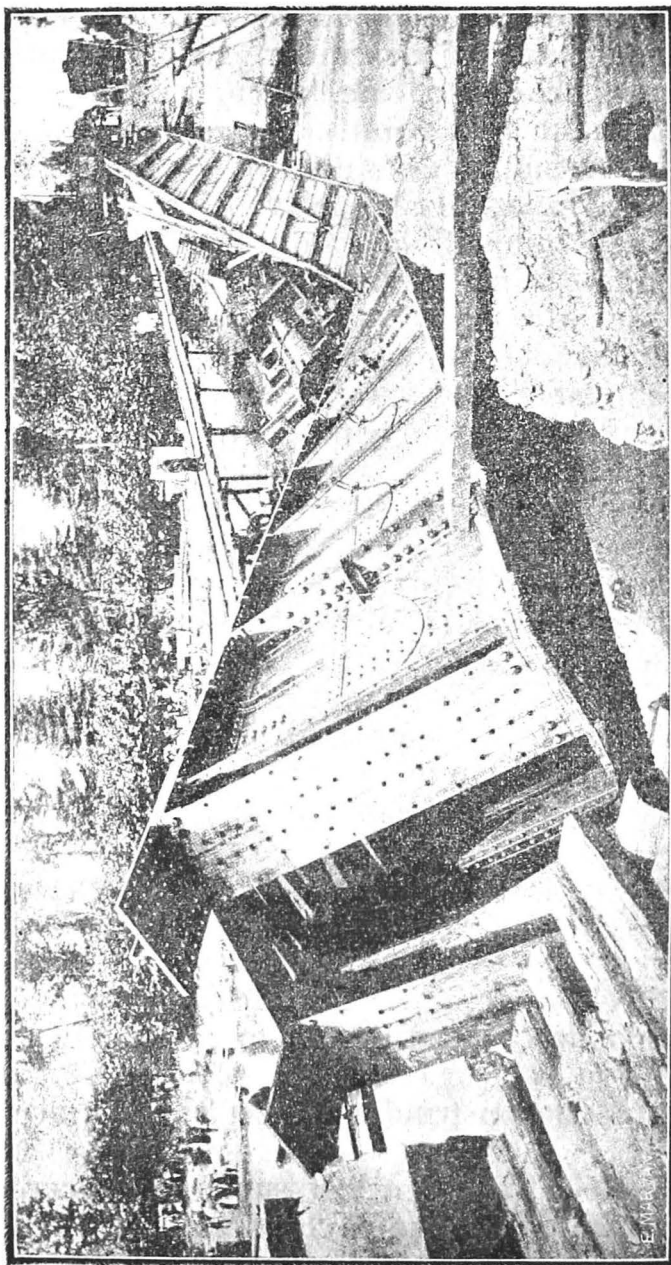


Fig. 18. Căderea podului dela Tarbes.

La încercarea cu două locomotive cu tender a

72 tone fiecare, urmate de vagoane de 15 și 16 tone, pe când prima locomotivă trecuse aproape podul, acesta s'a îndoit dela mijloc în formă de V și a căzut rănind între alții și pe inginerul care făcea încercările (fig. 18). În momentul căderii podul susținea 160 tone, iar greutatea sa totală socotind după tronsoanele de 10 m. care cântăreau 18 tone, era de 81 tone.

Cauza pare a fi fost lipsa de legături transversale între grinzi, a căror înălțime era și ea prea mică, astfel că ansamblul nu avea destulă rigiditate.

Pentru stabilirea cauzelor s'au numit cu această ocaziune trei comisii de anchetă: una de către compania P. L. M., alta de militari, podul fiind construit de geniul militar francez, și o a treia de către judecătorul de instrucție din Tarbes.

Nu știm dacă rezultatele acestor anchete au ajuns de domeniul public, acest accident a dat însă loc la usturătoare și poate îndreptățite ironii.

### 5. Poduri căzute la montare

În afară de cazurile podurilor Louis-Ville, Tay și Tarde unde căderea se datorește vântului trebuie citat podul dela Quebec unde căderea s'a produs fără de concursul vântului.

#### *Căderea podului peste St. Laurențiu la Quebec.*

Podul dela Quebec care realizează astăzi cea mai mare deschidere (548,6 metri) are o lungime totală de 987,2 metri (fig. 1). Se compune din 2 grinzi *Cantiliver* a 333,8 m. fiecare, înaintând cu câte 176,8 m. spre mijlocul fluviului. Distanța între capetele lor e acoperită cu o grindă *Pratt* de 195 metri.

Grinzile *Cantiliver* au diagonale în K și sunt ancorate în mal; înălțimea lor pe pile e de 94,5 metri (fig. 19). Grinda centrală are o înălțime de 33,4 metri și o lățime de 26,7 m., susținând calea la 45 metri

deasupra apelor medii; cântărește singură 5000 tone. Tălpile comprimate au secțiune în cheson rectangular.

Podul a suferit două accidente mari: primul la 29 August 1907, al doilea în 1916.

Prima cădere s'a produs când montajul ajunsese

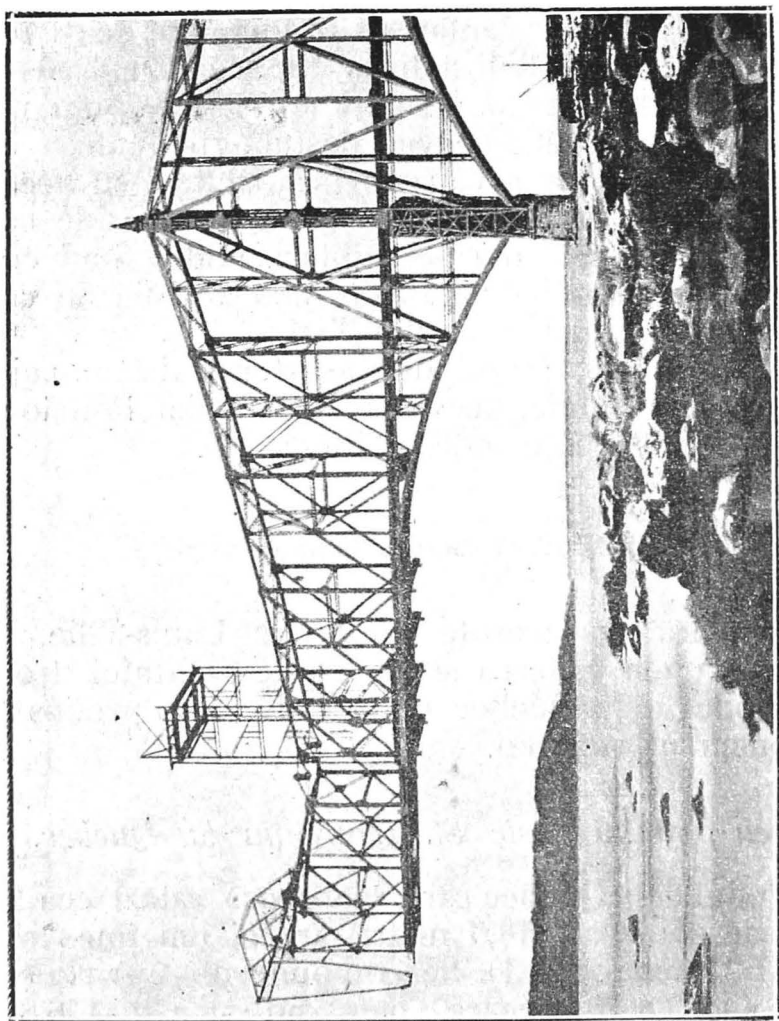


Fig. 19. Podul dela Quebec în timpul montării.

în faza din fig. 19. A cedat talpa inferioară, construcția prăbușindu-se (fig. 20). Ancheta a dovedit erori grave. Insuficiența tălpei inferioare la flambaj, care era alcătuită din platbande solidarizate din distanță în distanță, s'a manifestat întâi printr'o deformățiune destul

de lentă și care nu a fost oprită la timp, din cauze administrative, perzându-se vremea cu telegrame în loc a se lua măsuri; a urmat prăbușirea podului cu 70 morți.

S'au refăcut proiectele și construcția urma să se termine în 1916 prin ridicarea grinzei centrale, care fusese executată aparte, la locul său.

Ruperea unei părți din sistemul de ridicare a adus

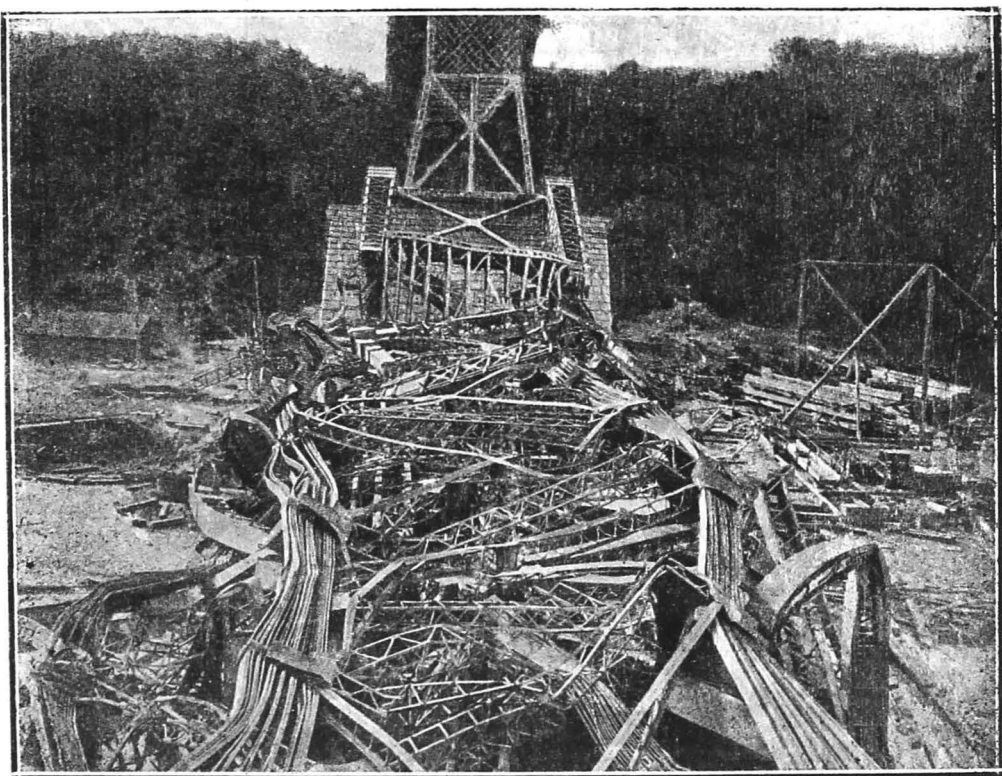


Fig. 20. Podul dela Quebec după primul accident.

căderea grinzei întregi (fig. 21).

Refăcută, această grindă a putut fi montată cu succes la locul său în 1917 de când podul funcționează.

Se pot cita încă și alte exemple de căderi de poduri precum podul dela *Miramont* căzut în 1878,

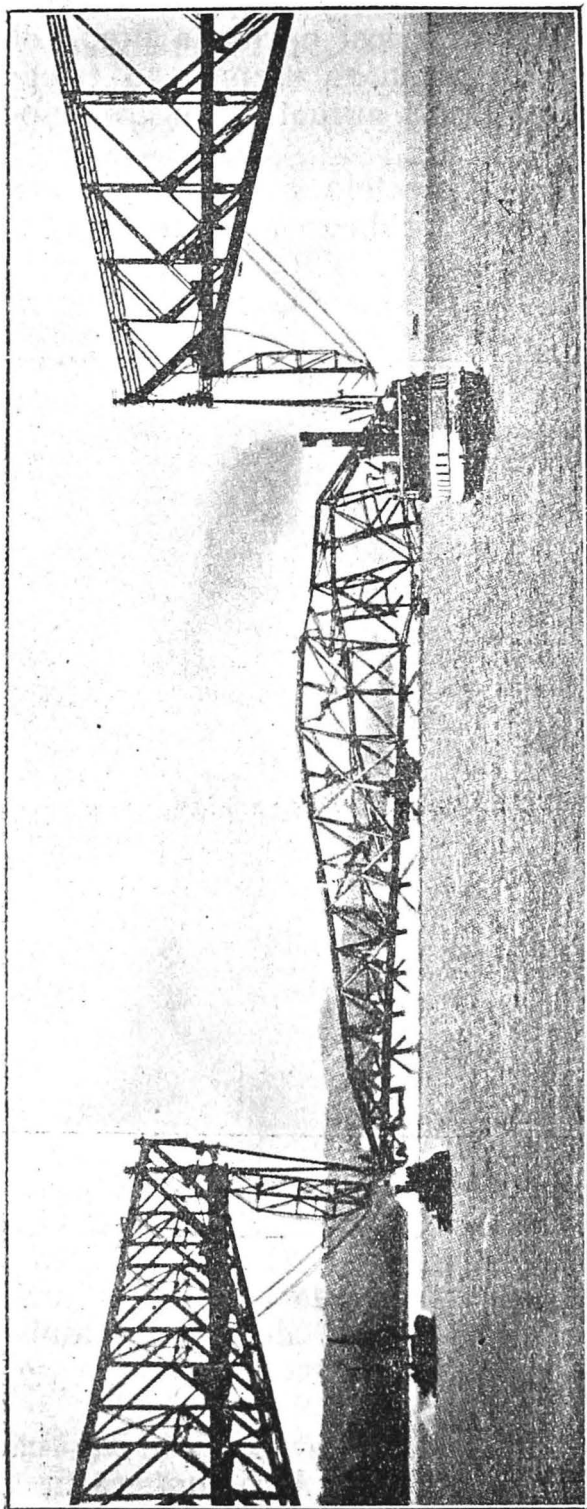


Fig. 21. Podul dela Quebec (al doilea accident).



podul dela *Moudon*, podul sistem *Schiffkorn*, de 57 metri deschidere, dela *Cernăuți* peste *Prut* căzut la 4 Martie 1868, podul dela *Belleville* pe *Saône* căzut în Iulie 1905 la lansare și podurile în arc de tontă construite în Banat la *Lugoș* și *Caransebeș*. Primul din aceste ultime două, construit în 1831 avea  $l=18,5$  m., a căzut 10 ani mai târziu, în 1841 la trecerea unei turme de bivoli; al doilea construit în 1842 căzu din cauza apelor mari la 1 Ianuarie 1843. Avea o deschidere de  $l=56$  metri.

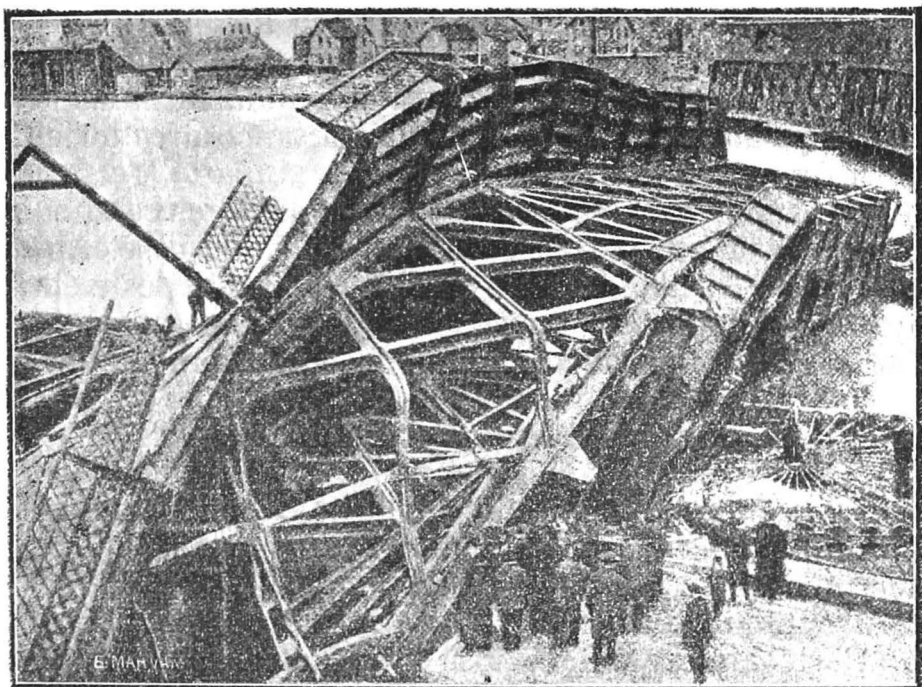


Fig. 22. Răsturnarea podului dela *Portage-Lake*.

Trecem peste acestea, ca să remarcăm un ultim caz, interesant prin curiozitatea lui și care nu-și găsește loc în categoriile enumerate mai sus; de aceea îl vom și denumi:

*Răsturnarea podului turnant de pe Portage Lake.*

Podul leagă orașele *Hancock* și *Houghton*, sepa-

rate de un braț al lui Portage Lake și e alcătuit din mai multe deschideri cu travee trapezoidale independente, susținând jos căile ferate iar la partea superioară liniile de tramvai și soseaua.

Partea centrală a podului are o travee turnantă pe 48,7 metri, permițând navigația prin două treceri de 18,9 și 19,5 metri.

Pila centrală cu pivotul e alcătuită dintr'un masiv octogonal de beton de 8 metri și apărat cu cofrage de lemn.

Crapodina pivotului era ancorată în zidărie cu 8 buloane de 32 mil.

La 15 Aprilie 1905 podul nefiind complet deschis a fost lovit de un vapor și grinda turnantă a fost răsturnată (fig. 22) buloanele de ancorare forfecându-se.

Alt accident s'a întâmplat la restabilirea circulației.

S'a făcut pe partea căzută un pod de vase. Ancorându-se 2 șalande între pile și construind peste ele un pod de lemn pentru căile ferate. La încercarea de a se trece locomotivele, șalandele s'au afundat înecându-se cu locomotive cu tot.

S'a înlocuit acest sistem cu un ferryboat.

Din enumerarea destul de lungă a căderilor de poduri metalice văzută, rezultă că asemenea întâmplări nu sunt o raritate în dezvoltarea acestui fel de construcțiuni.

Partea interesantă e însă a ști întru cât aceste accidente, cari au costat numeroase vieți omenești, sume colosale și reputațiuni stabilite, au fost de folos pentru dezvoltarea ulterioară.

Epoca înepulului, a fost epoca tatonărilor, în care se schițau principiile consacrate mai târziu. În chip inerent asemenea epoci sunt presurate cu accidente provenite din tratarea necompletă a problemei căreia nu i se cunosc toate elementele. De aceea nu e de mirare că s'au întâmplat atâtea accidente la început.

Odată principiile cristalizate însă, autoritățile diferitelor state au început să le impună constructorilor și așa găsim prima circulară ministerială în Franța conținând principiile de calcul și încercări ale podurilor metalice purtând data de *26 Februarie 1858*.

Ea a fost urmată de prescripțiuni de acest fel în toate statele.

Treptat aceste circulări au fost complectate cu învățămintele scoase din practica lucrurilor și avansarea teoriei, pe cari accidentele o confirmau sau infirmau după cazuri.

Astfel după căderea podului dela *Astabula* 1876, s'a exclus în America fonta din construcția podurilor de metal, cum fusese esclusă în Europa încă dela 1868 după căderea podului sistem *Schiffkorn* peste Prut la Cernăuți.

Căderea podului dela *Mönchenstein* a atras atențiunea deosebită asupra eforturilor secundare și deci asupra centrării nodurilor.

Numeroasele căderi din cauza lipsei de rigiditate generală, au pus în discuție cheștiunea flambajului general al tălpilor.

Odată pusă cheștiunea, personalități de cea mai mare competență au luat parte la discuțiuni. Astfel e cunoscută discuțiunea în această cheștiune între *Engesser* și *Kaiser* precum și remarcabilul studiu a lui *Timocenکو*. Cheștiunea e consacrată apoi în circulările oficiale. Astfel circulara Elvețiană prevede o formulă pentru verificarea flambajului general al tălpilor comprimate la podurile deschise sus:

Circulara Prusiană pentru colonii de asemenea prescrie formula lui Engesser. Cheștiunea flambajului separat al pieselor s'a discutat și ea mult în urma raportului lui Ritter și Tetmayer asupra catastrofei dela *Mönchenstein*. Dela acea dată constructorii au început a face rigide și piesele întinse.

Nu e mai puțin adevărat însă, că chiar înainte de această catastrofă unele cheștiuni cari au apărut

de o importanță deosebită cu această împrejurare, fuseseră atacate sau cercetate mai de înainte.

Astfel încă din 1865 *Calcott Reilly* discutase legătura antretoazelor, iar în 1881 *Périssé*, voalarea grinzilor.

Se pare însă că există totdeauna o decalare desul de însemnată între evenimente și învățămintele ce le oferă.

Tot după *Mönchestein* chestiunea încercării materialelor din podurile căzute a fost serios atacată.

Pentru a-și forma o părere asupra calității materialelor din podul dela *Mönchenstein*, *Tetmayer* a făcut cu materiale luate din el :

- 103 încercări de rupere ;
- 99 încercări de încovoare la rece ;
- 11 încercări asupra niturilor ;
- 213 încercări în total.

S'a dovedit atunci că materialul nu corespundea calităților cerute de nici una dintre circulările : Franceză, Germană, Austriacă și Elvețiană. De aci concluziuni asupra condițiunilor de recepție.

Chestiunea dilatațiilor, a vibrațiilor, grosimei minime a pieselor, raportului între lungimea de flambaj și raza de girație etc., toate rezultatul experiențelor costisitoare, își fac rând pe rând apariția în circulări îngrădind și dirijând tot mai mult pe autorii de proiecte și pe constructori.

Astăzi studiile și circulările sunt atât de complete încât pentru lucrările curente nu mai poate exista scuza necunoscutului, decât pentru cei cari nu vor să cunoască. Astfel se și explică scăderea și proporțională și absolută a numărului de poduri căzute în secolul actual.

Cazurile sporadice de căderi de poduri metalice după 1900 și în special căderea podului dela *Quebec* nu are nici o scuză. Ea însemnă pur și simplu ignorarea întregului trecut de experiențe și studii iar lecțiunea căpătată cu acea ocazie de inginerii americani

este bine meritată, căci nu e admisibil ca să cadă în 1907 în America, la montare, un pod de 548 m. deschidere când în Europa se construise încă din 1890 podul asemănător dela *Forth* cu 521 metri deschidere și unde se dăduse atâta atențiune alcătuirii tălpei inferioare, tocmai aceia care a produs catastrofa la podul de la Quebec.

De altfel americanii însăși se judecă foarte sever căci *Waddell* spune în cartea sa *Bridge Engineering*.

„*The terrible accident to the first Quebec bridge was a most severe blow to the entire bridge engineering profession in America*” și mai departe :

„*Not a single bridge specialist of any prominence is there in the United States who has not felt more than once the evil effects on his practice of the unpardonable lack of skill and attention wich was characteristic of the designing and building of that illfated structure*“.

Și tot *Wadell* conchide asupra celor 7 învățăminte scoase din căderea podului dela Quebec <sup>1)</sup>.

Concluziile la cari au dus accidentele au fost deci nu numai de natură tehnică dar ades și de or-

---

1) The lessons to be drawn from this awful disaster are as follows :  
*First.* A consulting engineer should never trust the detailing of a bridge to the manufacturing company, but should prepare complete plans therefor in his own office.

*Second.* It pays to spread the metal in compression members as much as is consistent with other features of good designing.

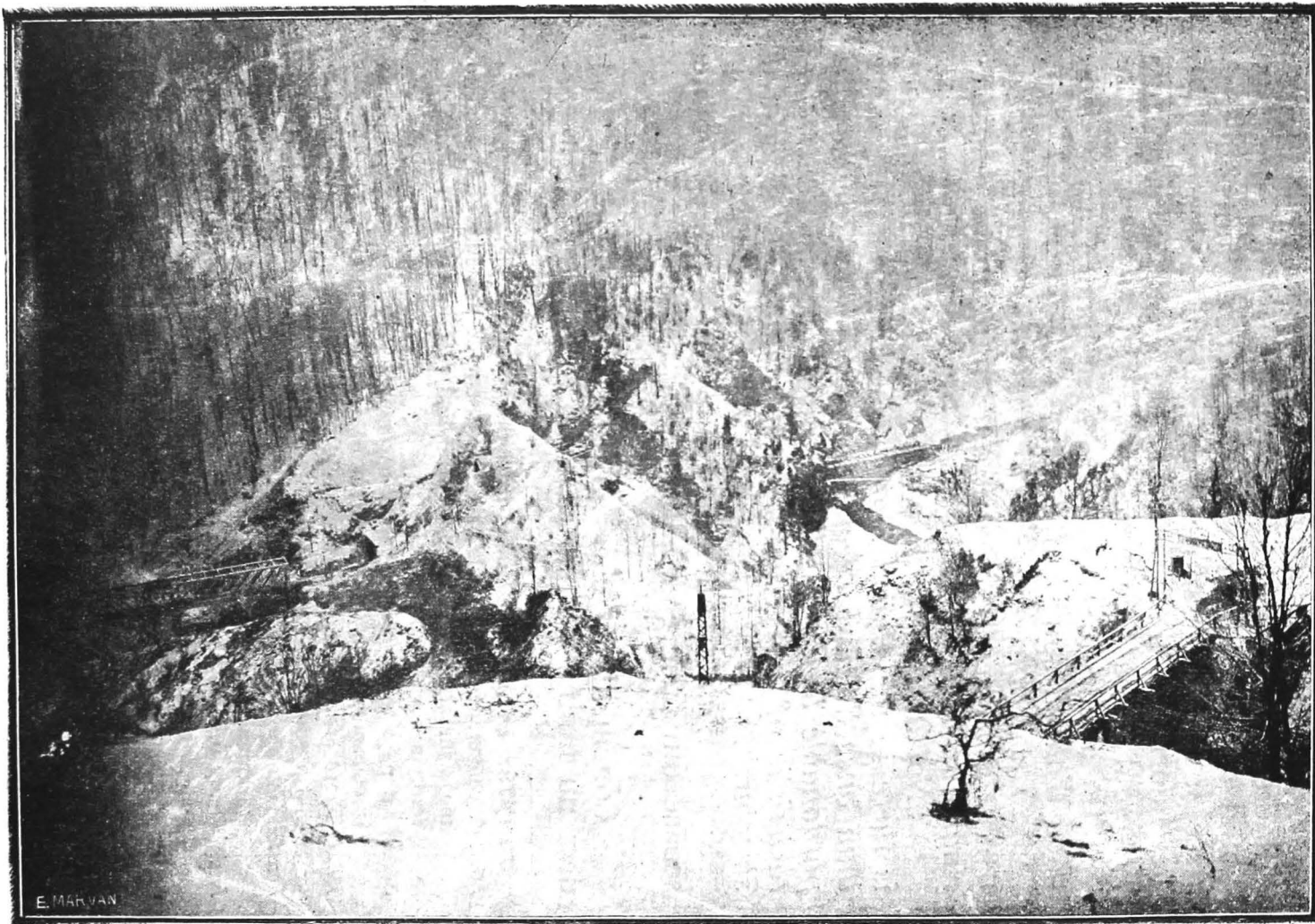
*Third.* There is no excuse for the actual dead load in any bridge exceeding that assumed by more than a mere trifle.

*Fourth.* One should heed warnings even when they come from uneducated workmen.

*Fifth.* Plenty of time should always be allowed for making the preliminary studies for a design and the working plans.

*Sixth.* It is exceedingly bad practice to skin the life out a bridge in order to save metal.

*Seventh.* In every important bridge project the completed plans should be checked in detail throughout by some capable bridge engineer who is entirely disconnected from either the consulting engineer or the contractor.



E. MARVAN

Fig. 23. Podurile și tunelul dela kil. 55.7—55.9 pe linia Ploești-Predeal

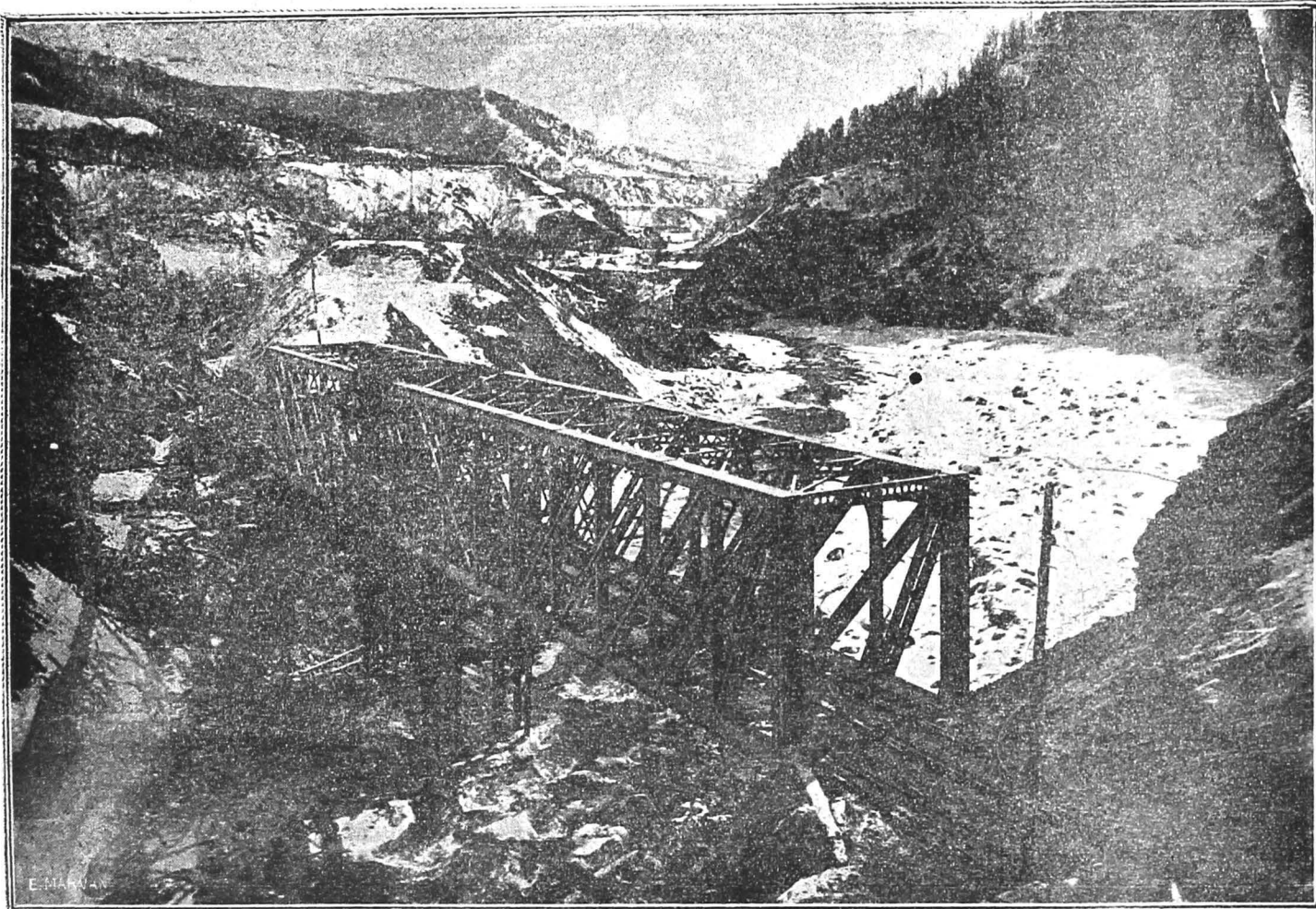


Fig. 24. Podul peste Prahovă la kil. 55,7 în timpul reparații (1917)



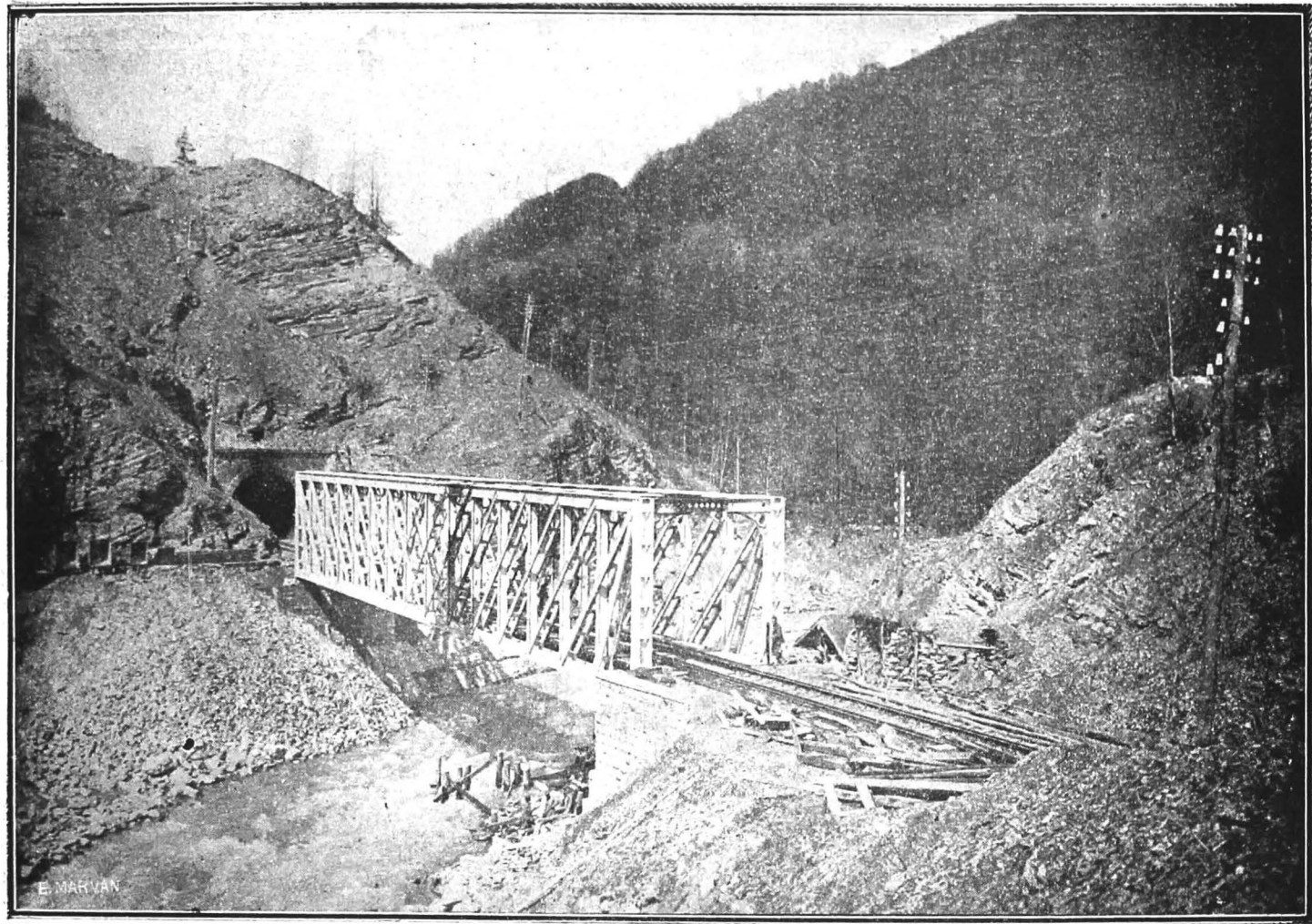


Fig. 25. Podul peste Prahova la kil. 55.7 după repararea lui de trupele germane (1917)



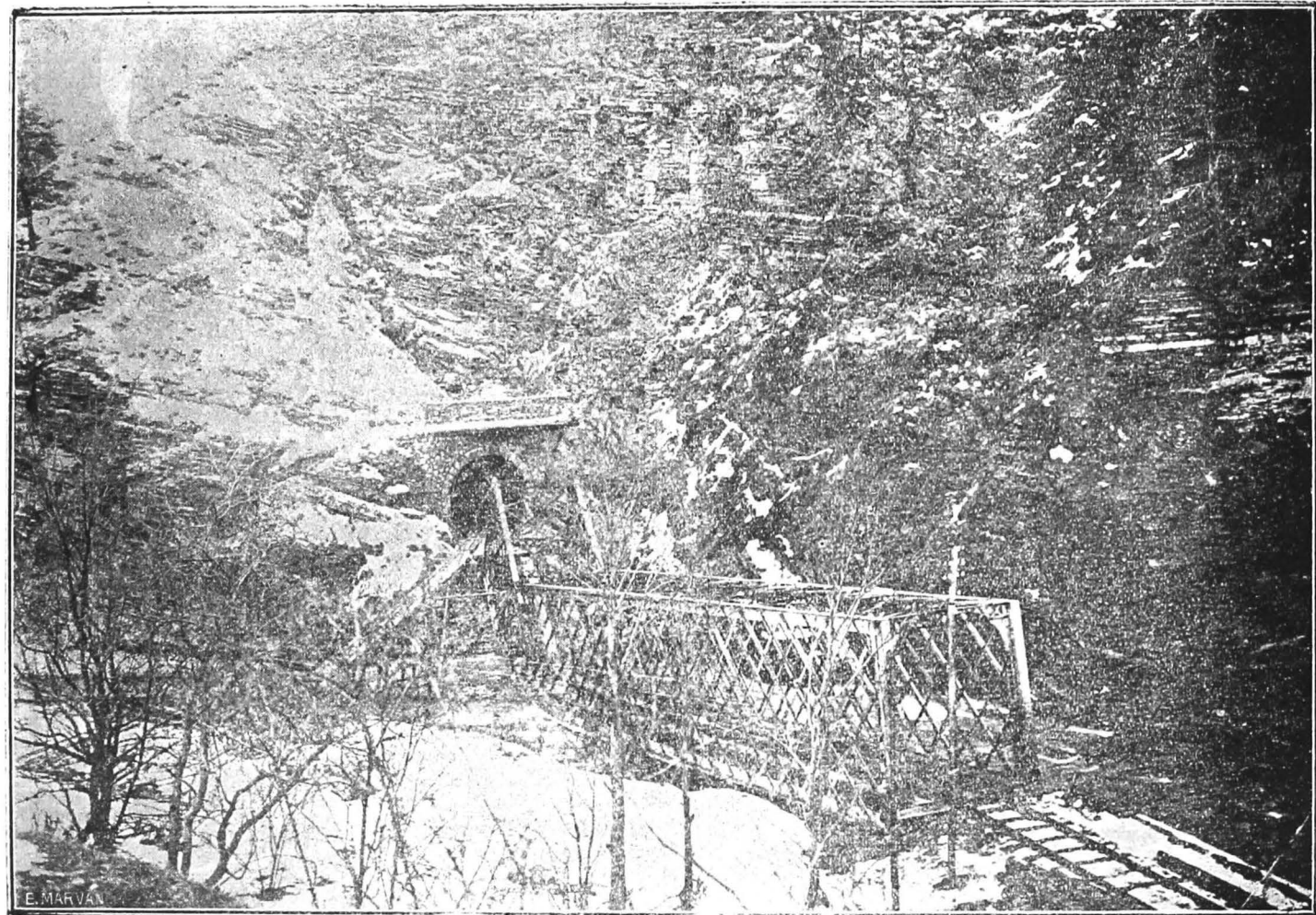


Fig. 26. Podul peste Prahova la kil. 55.9 după retragerea trupelor române (1916),

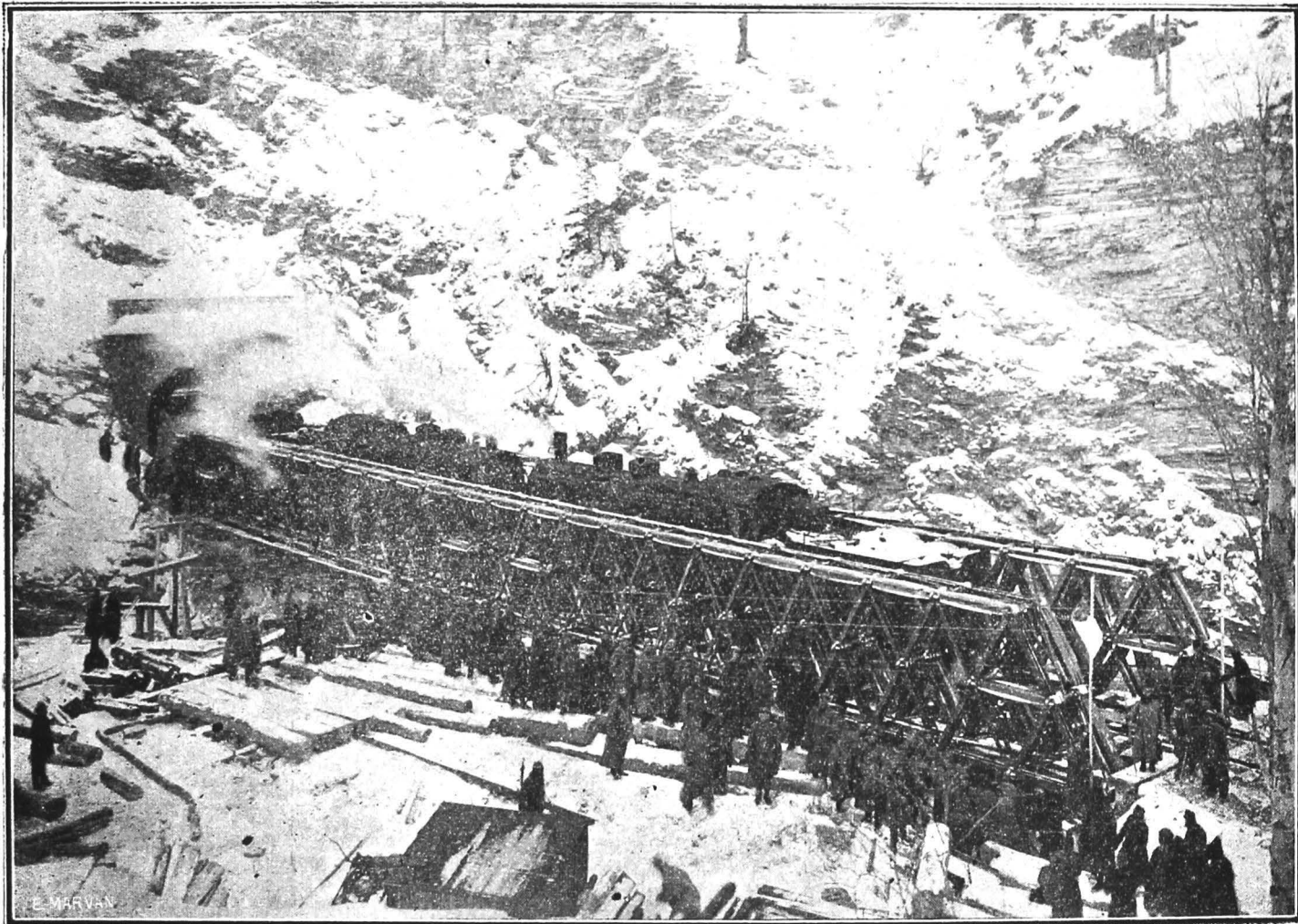


Fig. 27. Incercarea podului peste Braham, la kil. 55,9 in anul 1917.

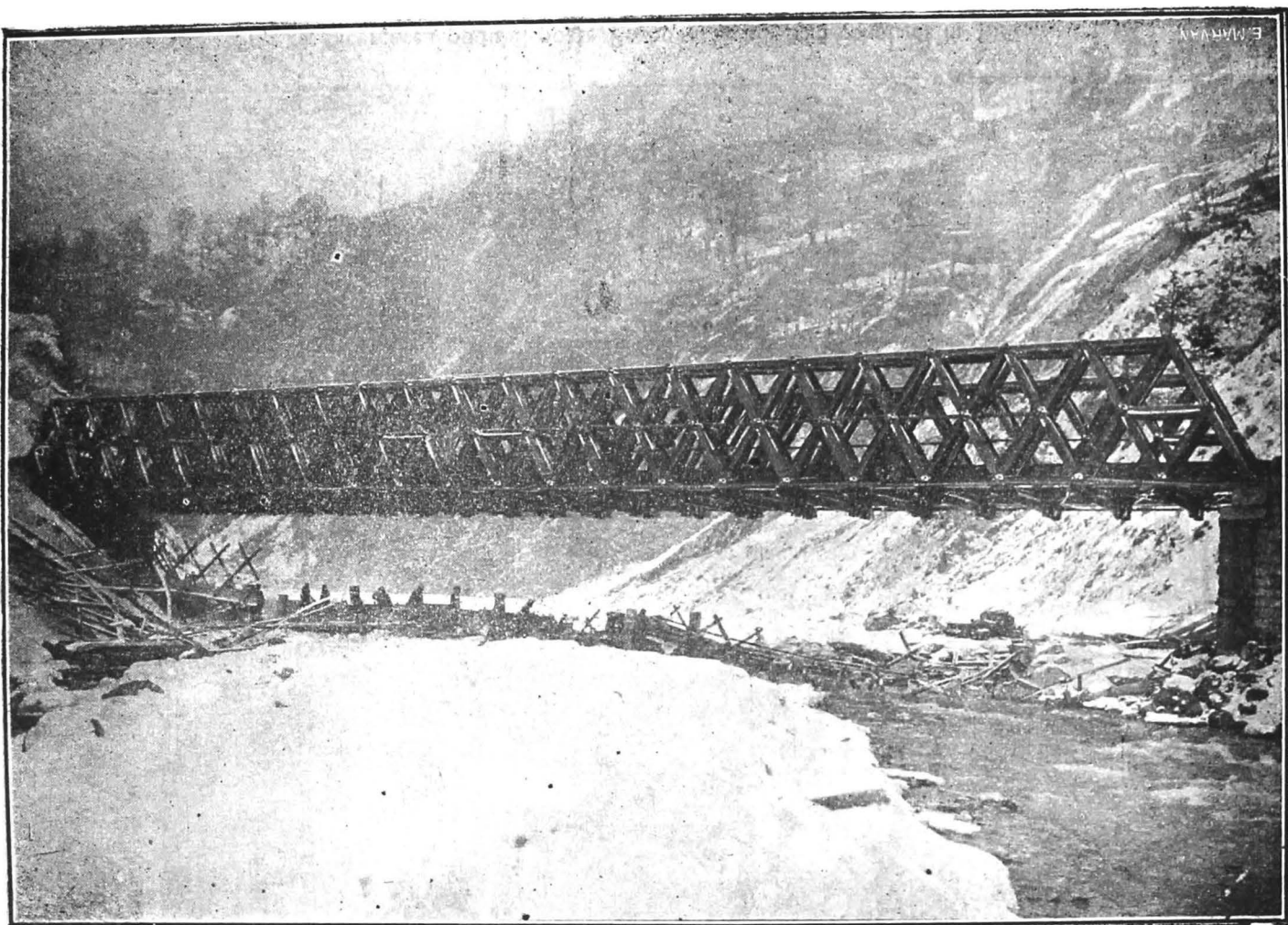


Fig. 28. Podul peste Prutova la kil 565 construit in 1917.

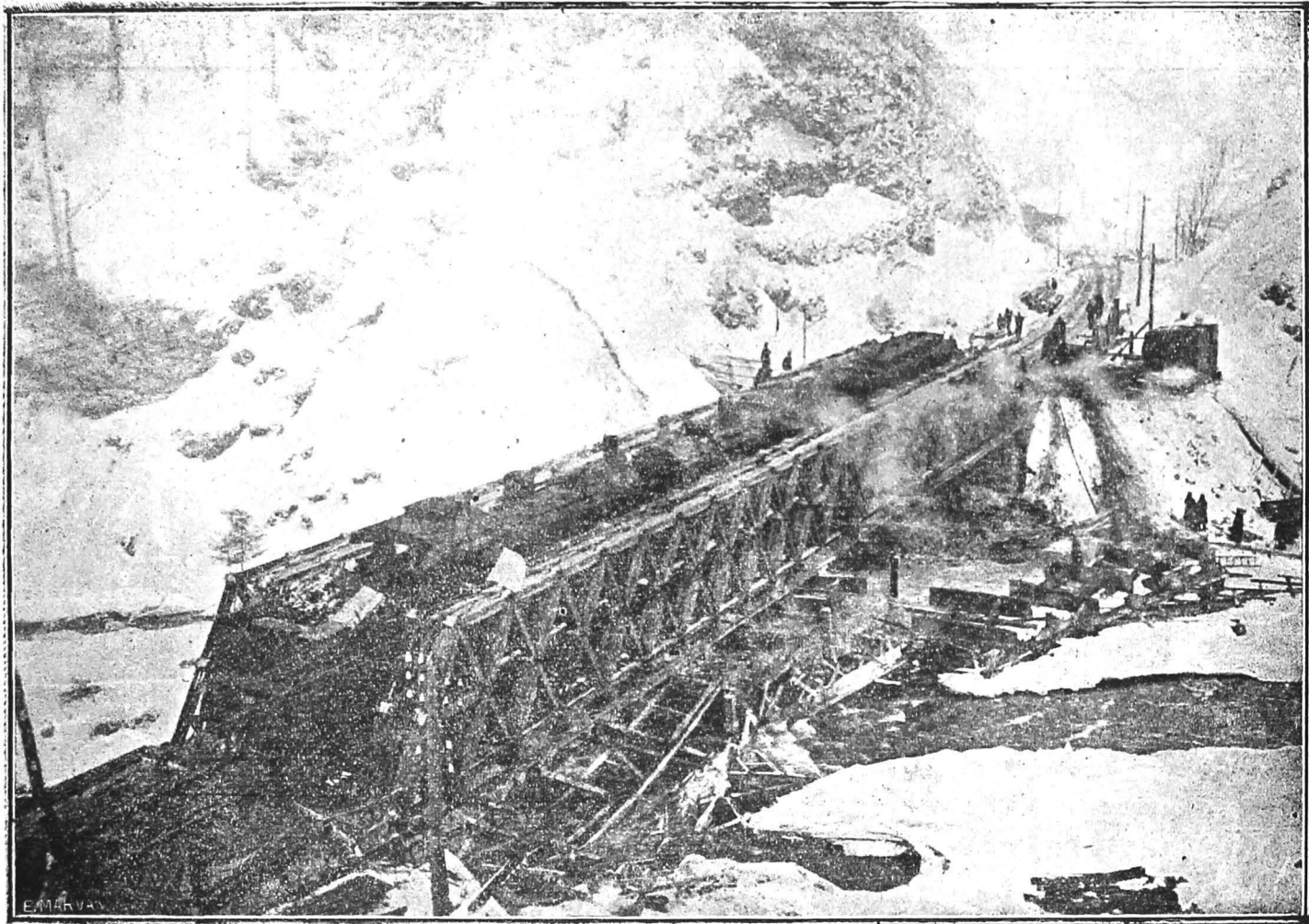


Fig. 29. Incercarea podului peste Prahova la kil 56,5 construit în 1917.

din administrativ și ele sau consacrat în prescripțiunile oficiale ale tuturor statelor.

Vom remarca și de această dată că în România nu există actualmente norme oficiale pentru construcțiuni și în special pentru poduri de metal<sup>1)</sup> manifestându-ne încă speranța că această situație nu va mai dăinui multă vreme.

Pentru a încheia această parte vom adăoga că expertizele și anchetele făcute la asemenea catastrofe se datoresc mai totdeauna unor personalități recunoscute; reamintim pe *Collignon*, *Résal*, *Ritter*, *Tetmayer*, *Rothlinsberger* și adesea paralel cu ancheta tehnică s'a făcut una judiciară punând câte odată personalul tehnic însărcinat cu conducerea și supravegherea lucrărilor căzute, în situațiuni foarte neplăcute.

Despre aceștia Waddell zice undeva:

„*The mental inertia of those in authority which had to be overcome was enormous*“.

### III

#### *Căderea podurilor dela Valea Largă*

După cum am mai spus între halta *Posada* și *Valea Largă*, linia ferată Ploești-Predeal trece peste 3 poduri și printr'un tunel, așezate (Ploești-Predeal), primul pod la kil. 55,7; al doilea la kil. 55,9 între ele fiind un tunel de 114 m. și al treilea pod la kil. 56,55. (fig. 23).

Primul dintre aceste poduri (kil. 55,7) distrus în timpul retragerii din 1916 a fost reparat de trupele germane. El e un pod definitiv cu tălpi paralele (fig. 24 și 25).

Al doilea pod (kil. 55,9) distrus și dânsul în timpul retragerii (fig. 26) a fost înlocuit cu un pod militar (fig. 27).

1) Există totuși un proiect de circulară pentru poduri metalice elaborat de d-l Inspector general *I. Ionescu* care până azi nu a primit încă consacrarea oficială deși, după câte știm este aplicat de unele autorități (vezi B. S. P., anul 1920 No. 9—10).



În fine al treilea pod (kil. 56,5) a fost de asemenea înlocuit cu un pod militar la fel cu precedentul (fig. 28 și 29).

Linia în această regiune e în rampă și tracțiunea necesită locomotive grele.

Ultimele două poduri erau identice ca tip și ca deschidere; ele au servit bine până anul acesta, corespunzând cred, scopului pentru care au fost făcute, adică restabilirea rapidă în timp de campanie a comunicației normale până la facerea podului definitiv.

Această problemă studiată de mai toate statele beligerante a fost soluționată tehniceste în diferite moduri apărând astfel podurile sistem *Ingless*, *Hopkins* (Engleze) *Marcille* (Francez) *Cohn*, *Rothwagner* (Germane) etc.

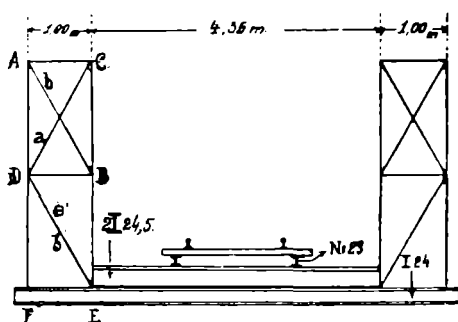


Fig. 30

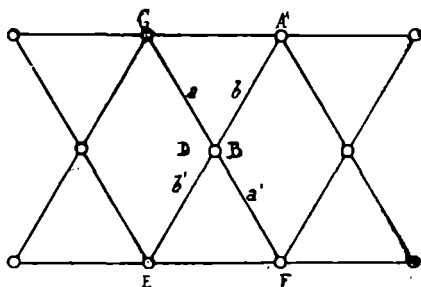


Fig. 31

Podurile dela Valea Largă erau de tip *Lübbecke*.

Problema pusă constructorilor acestor tipuri de poduri a fost de a găsi câteva piese elementare tip, ușor de mânuit cu care să se realizeze diferite deschideri; și din acest punct de vedere sistemul de mai sus soluționează chestiunea. Are însă inconveniente de altă natură.

Iată alcătuirea podului de 46 m. deschidere aplicat la Valea Largă la kil. 55,9 și 56,5.

Podul, cu calea jos, e format din două grinzi tra-

pezoidale cu perete dublu; lătimea podului între grinzi interioare e de 4,35 m. (fig. 30 și 31), înălțimea grinzilor 3,46 m.; distanța între axele grinzilor aceleiași perete 1 m.

Diagonalele sunt sistem dublu, fără montanți (fig. 32). Barele orizontale din regiunea centrală nu sunt simetrice față de mijlocul podului.

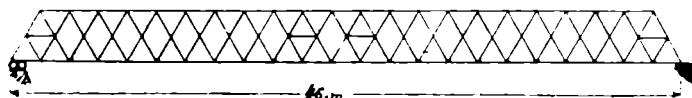


Fig. 32

Toate nodurile sunt articulate și atât tălpile cât și diagonalele sunt alcătuite între două noduri dintr'un număr, variabil cu efortul, de elemente tip. (fig. 33).

Elementul tip (fig. 34) este un profil special, un Z desfăcut, cu lungime de 2 metri, terminat la extremități cu două părți exagonale cu niște găuri prin cari se trec buloanele de articulație a nodurilor. Grosimea acestor profile e de 8 milimetri la inimă și 6 la aripi. Numărul de piese asemenea pentru fiecare bară, ca să zicem așa, e indicat în figura 33.

După cum am spus nodurile unei grinzi cu perete dublu sunt articulate. Ele sunt alcătuite din buloane la capetele cărora se prind elementele componente ale tălpilor și diagonalelor fiecăruia din pereții grinzei, pereți așezați la 1 m. distanță între dâșii. La partea din afară și din năuntru a nodului fiecăruia din pereți se găsesc niște piese speciale cari împiedică jocul elementelor componente ale barelor, la nod.

Aceste piese sunt exagonale și au 12 urechi așezate în plane normale pe planul exagonului; 6 dintre aceste urechi corespunzând laturilor exagonului sunt așezate în plane normale trecând chiar prin laturi;

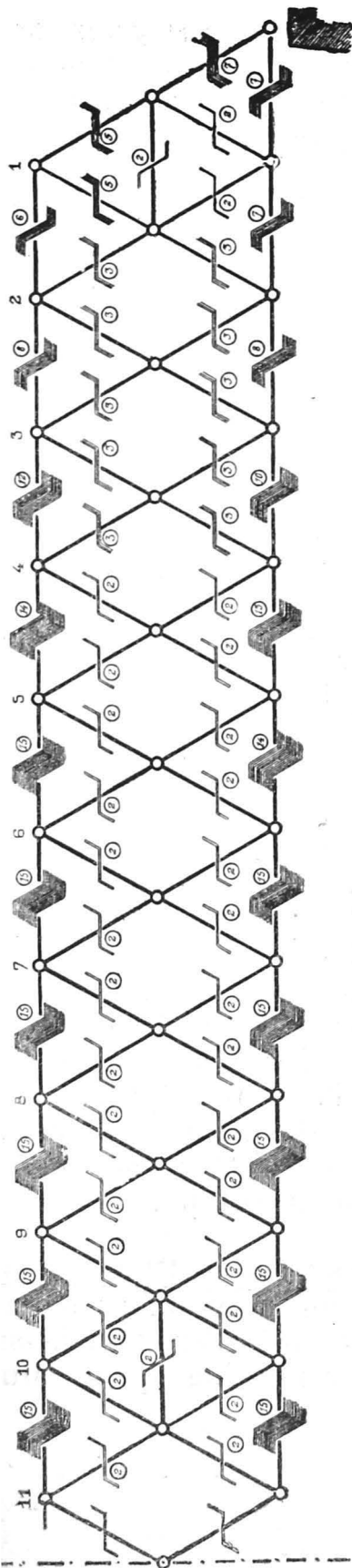


Fig. 33

celelalte 6 urechi corespunzând razelor sunt în plane normale trecând prin raze. Urechile sunt prevăzute cu găuri. Fixarea întregii piese pe bulon se face cu plăcuțe și o splintă trecând prin el. Fiecare bulon are patru piese de acest fel, două între pereții aceleiași grinzi, și două în afară. Acestea din urmă însă au numai câte 6 urechi, anume cele corespunzătoare razelor exagonului. Aceste piese se pot observa în fig. 57 și 59.

Tot la noduri, elementele componente (fiarele Z) ale ambilor pereți sunt solidarizate prin tije cu buloane de  $\frac{1}{3}$ "; ele trec prin găuri făcute în profilele Z și sunt în număr de 1 sau 2 după nod.

Adevărata legătură între cei doi pereți ai unei grinzi e asigurată prin niște piese tip alcătuite din tuburi de diametru 60 mil. la mijloc și 43 mil. la extremități.

Aceste tuburi sunt filtate la interior în sens invers la fiecare cap și primesc în ele câte un bulon având la unul din capete 2 urechi găurite, putând prinde între ele una din urechile piesei exagonale despre care am vorbit.



Legătura tălpilor superioare a unei grinzi pe un panou e făcută cu trei tuburi grupate ca în figura 35, două într'un sens și unul în alt sens cu o înclinare de  $\frac{1}{2}$  (fig. 35 reprezintă 3 panouri din pod. Tuburile prind între urechile lor o ureche a piesei exagonale a nodului respectiv, strângerea făcându-se cu un mic bulon.

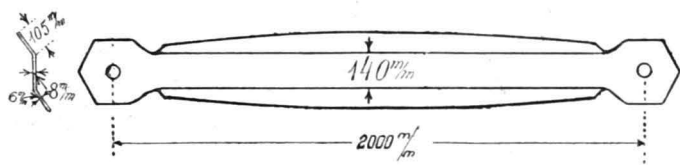


Fig. 34

La talpa inferioară legătura inferioară e mai simplă, ea fiind alcătuită pe un panou dintr'un singur tub ca în fig. 36 unde sunt reprezentate 3 panouri din pod; se înțelege că atât tuburile tălpei superioare cât și tălpei inferioare se află în planul orizontal.

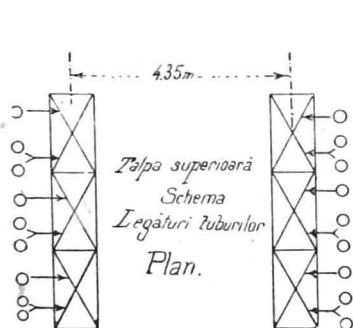


Fig. 35.

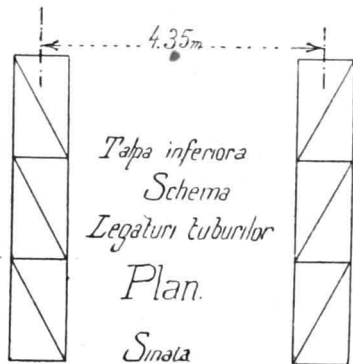


Fig. 36.

În planul diagonalelor se găsesc de asemenea astfel de tuburi pentru rigidizare. Dispoziția lor este următoarea: în planul fiecărei diagonale e câte un singur tub; dispoziția tuburilor între nodurile superioare și mijlocii este diferită de aceea a tuburilor între nodurile mijlocii și inferioare; și anume: sus tubul merge în planul unei diagonale dela nodul din mijlocul peretelui interior la nodul de sus al pere-

telui exterior, iar la diagonalele următoare tubul merge dela nodul mijlociu al peretelui exterior la nodul superior al peretelui dinăuntru.

La partea inferioară, legătura se face în planul fiecărei diagonale, dela nodul inferior al peretelui dinăuntru la nodul mijlociu al peretelui exterior; aceste dispozițiuni se văd în fig. 30 și 31.

În planul nodurilor mijlocii nu se găsesc asemenea legături.

La capete dispoziția tuburilor din planul diagonalelor extreme este diferită de cea

din cursul grinzilor; ea se vede în fig. 37.

Vom remarca faptul că cele două capete din spre Comarnic și din spre Sinaia ale podului dela kilometrul 55,9 nu erau alcătuite la fel din punct de vedere al dispozițiunei acestor tuburi.

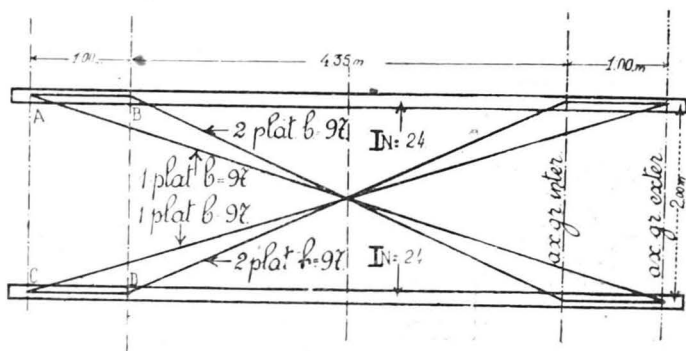


Fig. 38.

Nodurile inferioare ale unei grinzi cu perete dublu au piesele exagonale de prindere, înzestrate cu niște bride speciale, cari prin intermediul a două buleane susțin un fier I No. 24 ce trece până la nodul inferior corespunzător al celeilalte grinzi cu perete dublu.

Tot la partea inferioară podul are contravântuiri formate din platbande de 97×4.

Așezarea lor se vede în fig. 38. Vom remarca numai că înclinarea lor e mai mare decât  $\frac{1}{3}$ .

La partea superioară podul nu are nici o contravântuire din cauza gabaritului care nu o permite.

Calea e susținută de antretoaze formate din 2 I No. 24<sup>1/2</sup> prinse la noduri de buloanele de articulație (fig. 30).

Ele suportă 2 longeroni din profile I No. 23, pe cari sunt așezate traversele și șinele.

Prinderea antretoazelor de grinzile principale nu dă podului la partea inferioară rigiditatea necesară podurilor deschise sus și credem că nu asigură nici o repartitie egală a sarcinilor, între cei doi pereți ai unei grinzi.

Podul astfel alcătuit are un razem fix și unul mobil.

La podul dela kil. 55,9 razemul mobil se compunea din 2 grinzi 350×320 pe rulouri de 1,45 m., iar cel fix dintr'o grindă 30×28.

Culeele la ambele poduri căzute au fost cele vechi. Ele erau însă insuficientă ca lățime, de aceea capetele grinzilor de lemn așezate pe zidărie pentru rezeme au fost scoase în afară de zidării și susținute cu un pilot după cum se vede în fig. 39 și 40.

Montarea unui astfel de pod (fig. 39 și 40) se face pe eșafodage ușoare, la extremitate grinzile montându-se în consolă pe vre-o 5 panouri.

Ea e lesnicioasă și nu necesită macarale, manevra pieselor făcându-se de oameni (fig. 41).

Ambele poduri au fost încercate înainte de a se da în circulație cu câte 2 locomotive cu tender așezate bot în bot (fig. 27 și 29)<sup>1)</sup>. Nu cunoaștem sarcinile lor pe osie, credem însă că erau locomotive grele.

Podurile astfel alcătuite au funcționat în bune condițiuni din Februarie 1917<sup>2)</sup> până în vara anului curent, când s'au prăbușit unul după altul la interval de o lună cu trenuri de persoane pe ele.

---

1) Una din locomotivele cu cari s'a încercat podul dela kil. 56,5 purta numărul 4837.

2) Ele au fost construite de trupele germane de ocupație.

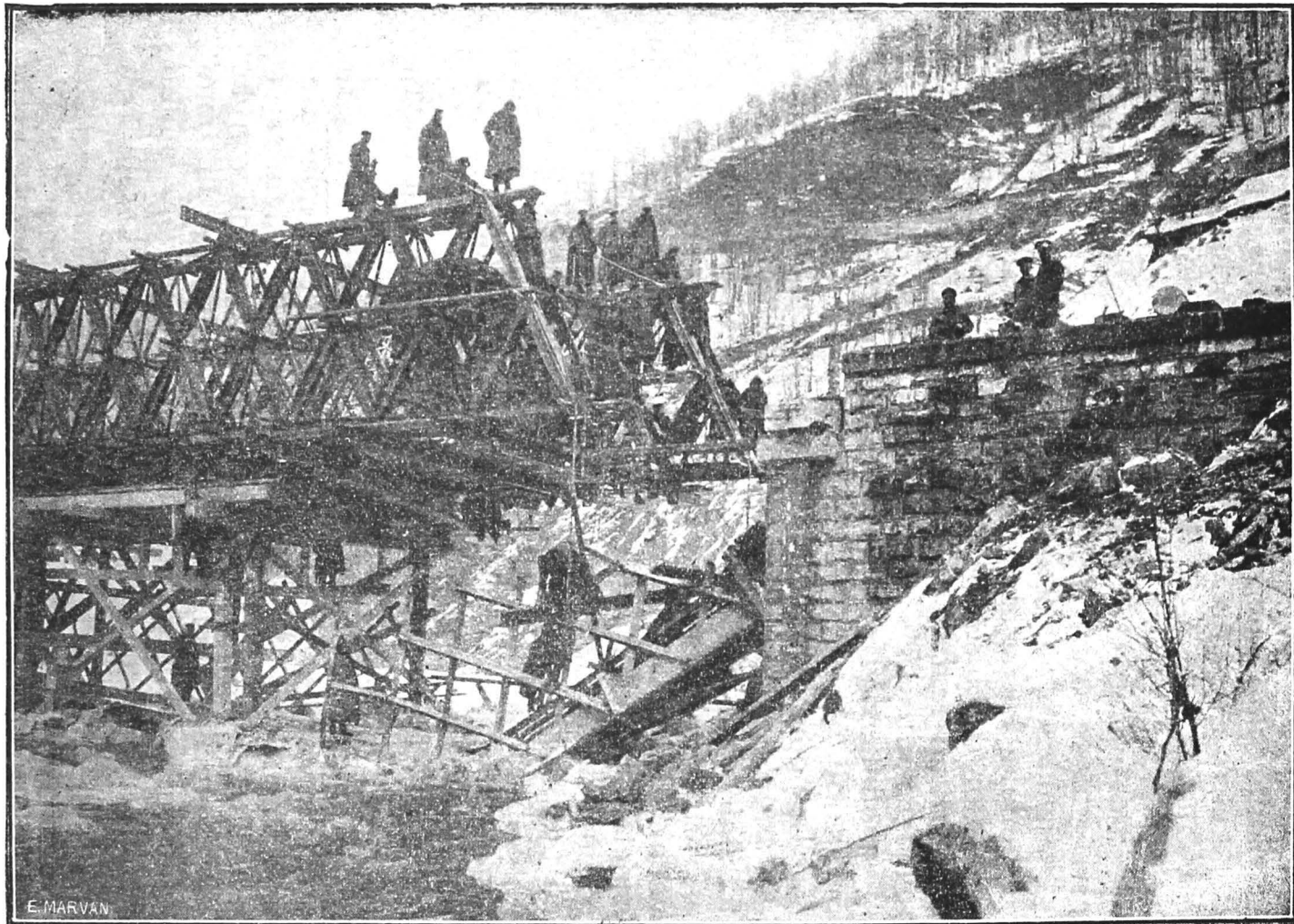


Fig. 39. Montarea podului peste Prahova la kil. 56,5

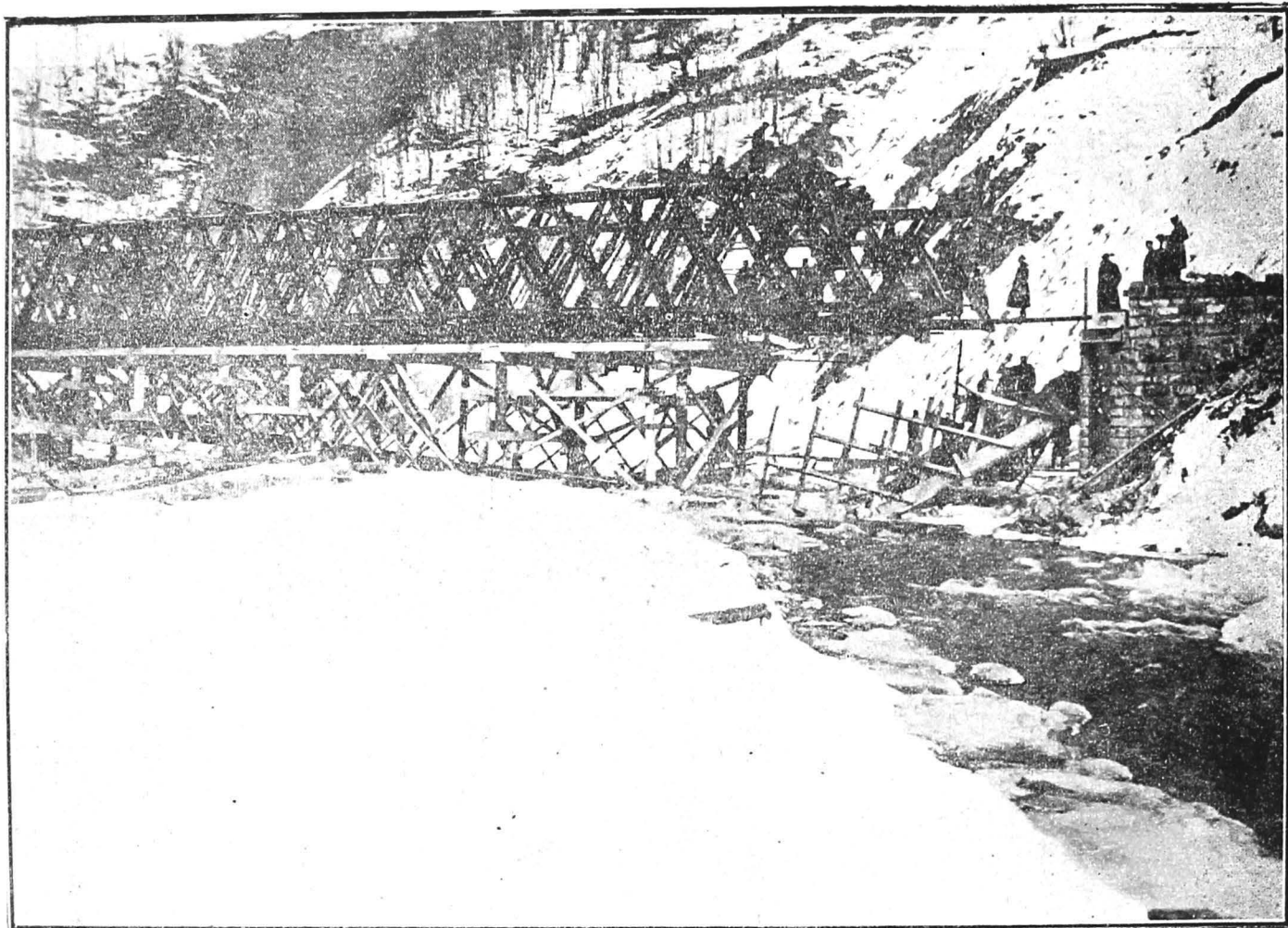


Fig. 40. Montarea podului peste Prahova la kil. 56,5

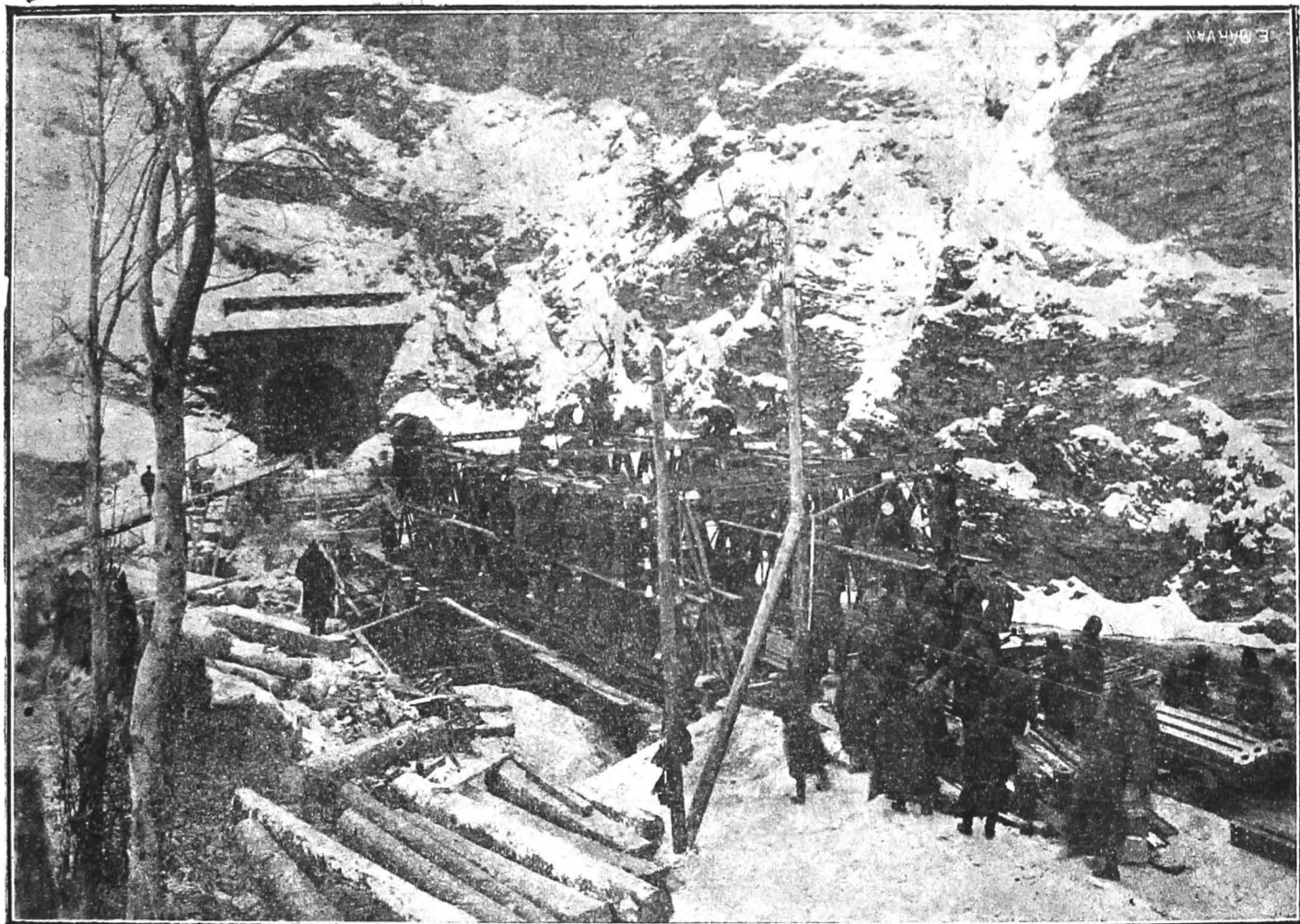


Fig 41. Montarea podului peste Prahova la kil. 55,9



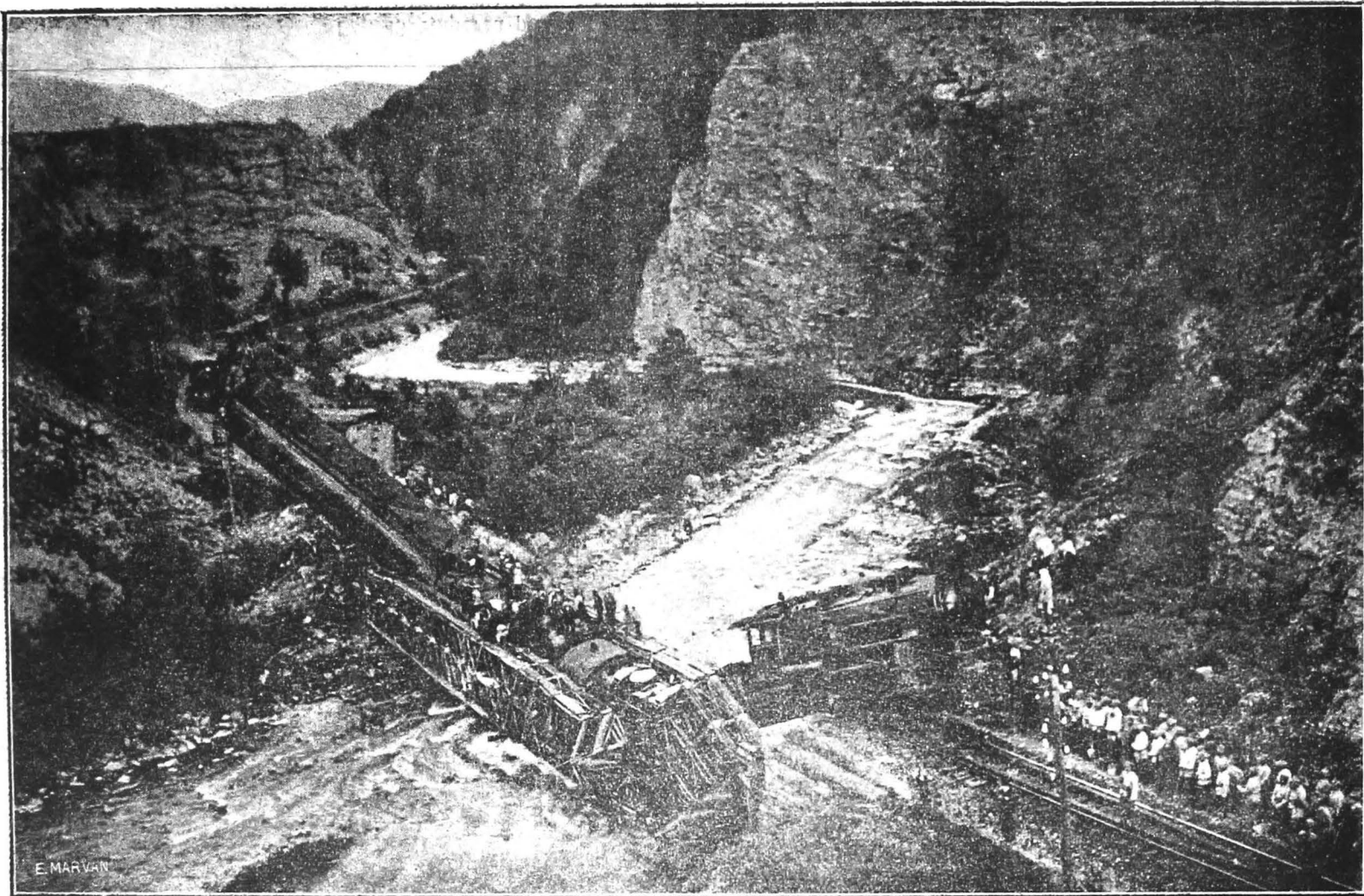


Fig. 42. Căderea podului peste Prahova la kil. 56,5

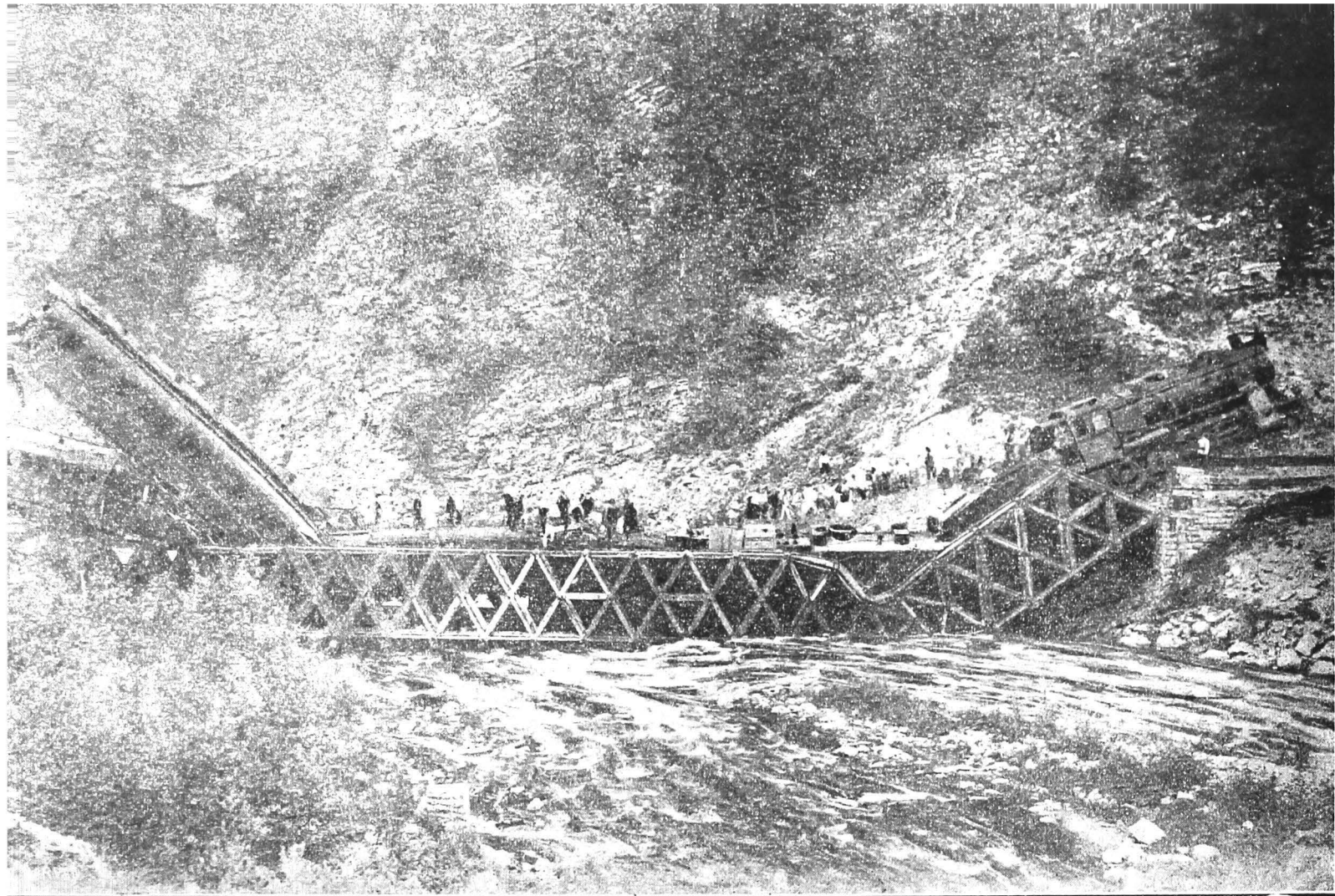


Fig. 43. Ruperea podului peste Prahova la kil. 56,5





Fig. 44. Căderea podului peste Prahova la kil. 56,5

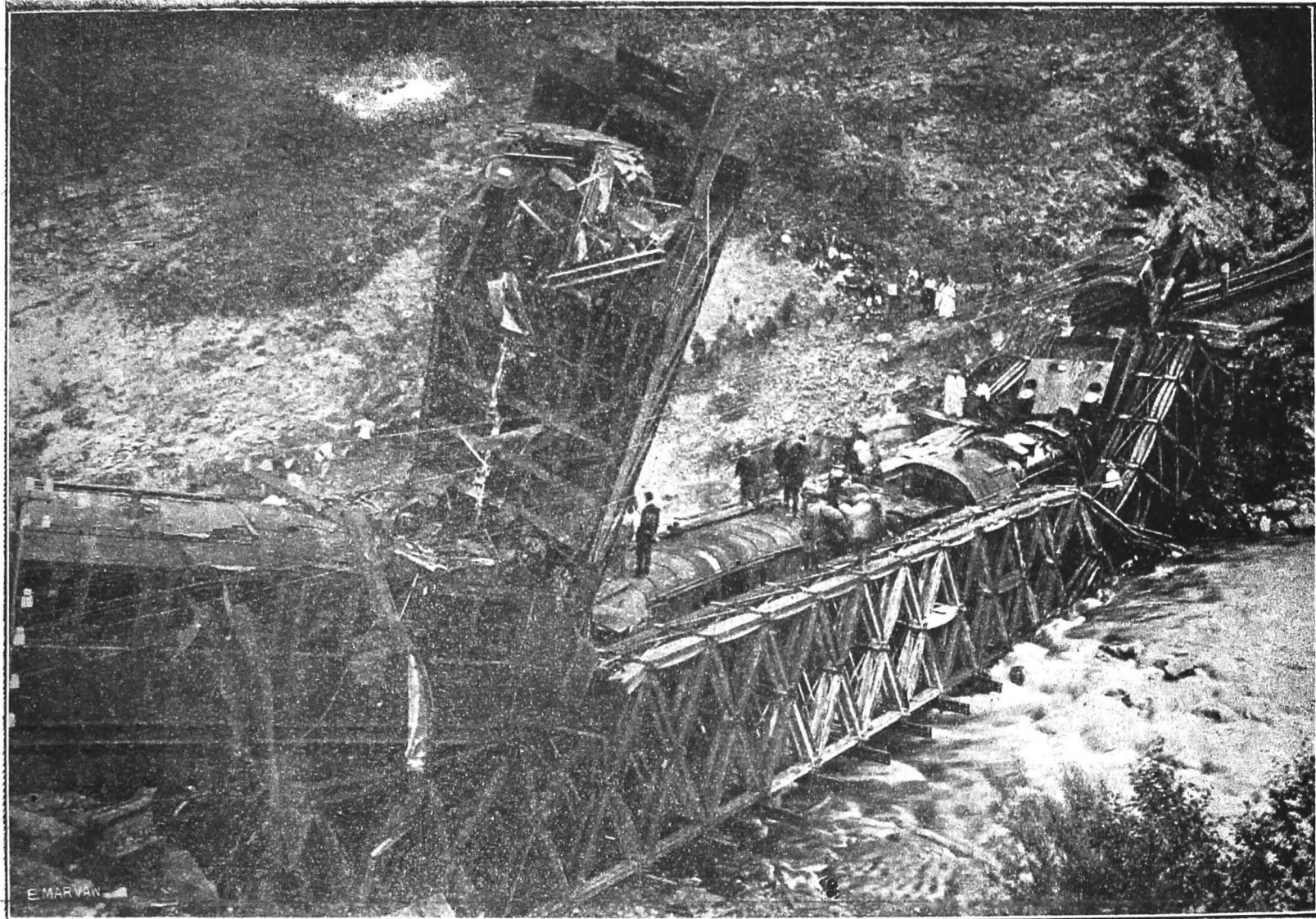


Fig. 45. Căderea podului peste Prahova la kil. 56,5

Iată câteva amănunte:

*Primul pod căzut e cel dela kil. 56,55.*

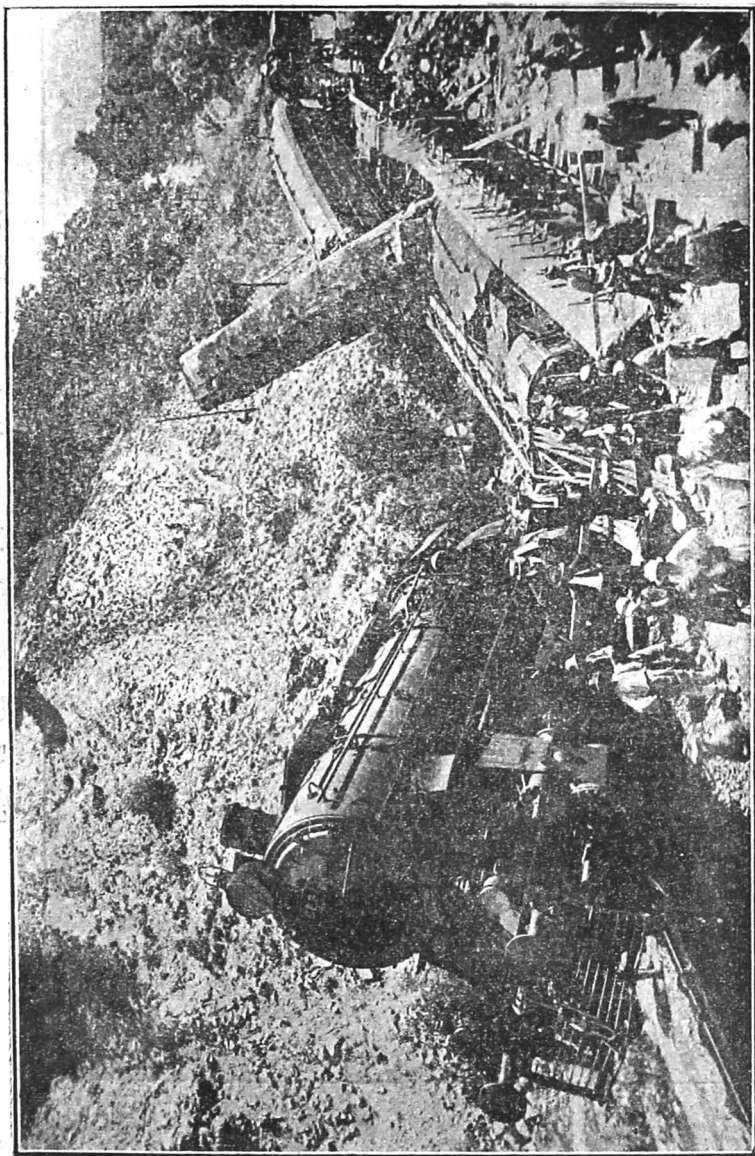


Fig. 46. Căderea podului peste Prahova la kil. 56,5

Ruperea s'a întâmplat în Iulie 1922 la trecerea trenului de persoane ce mergea spre [Predeal (figurele 42—50).

Trenul avea tracțiune dublă făcută de locomotive No. 140.413 și 140.471 cuplate, având câte 17,6

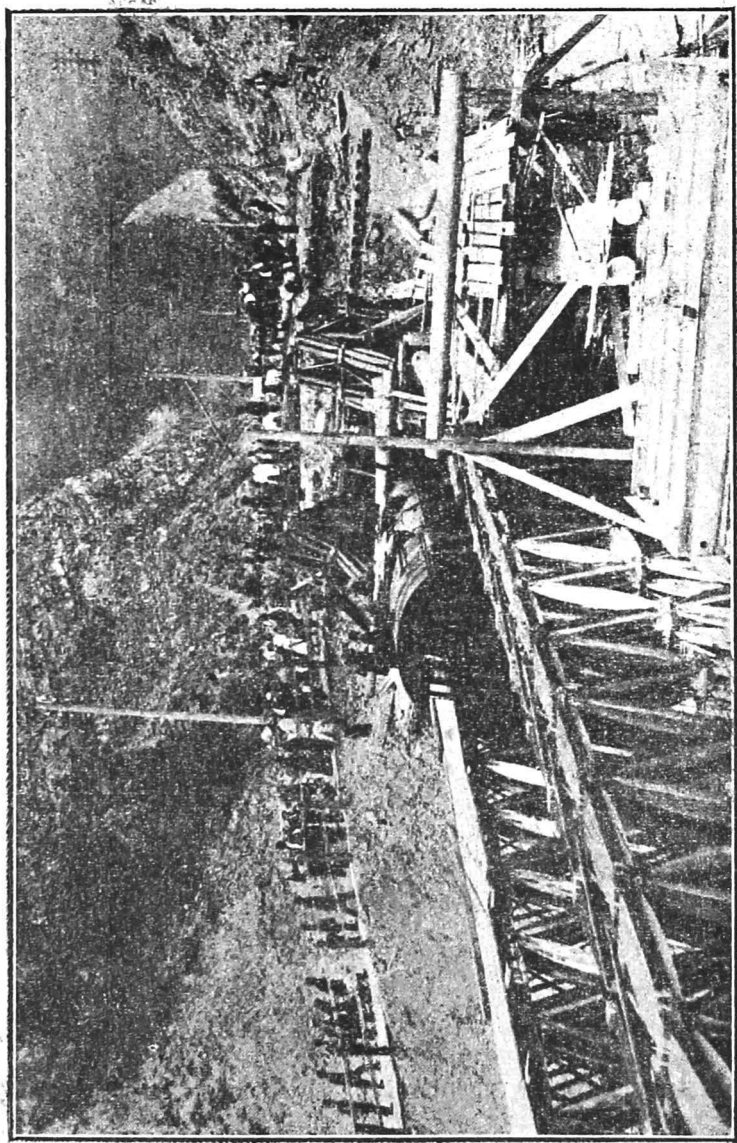


Fig. 47. Căderea podului peste Prahova la kil. 56,5

tone pe osie; diagrama lor e în fig. 52. Urmău 1 vagon de siguranță și vagoanele clasă.

Ruperea și căderea s'a produs când prima locomotivă ajunsese pe culee (fig. 44 și 45).



Căderea a urmat cedărei pereților pe panourile

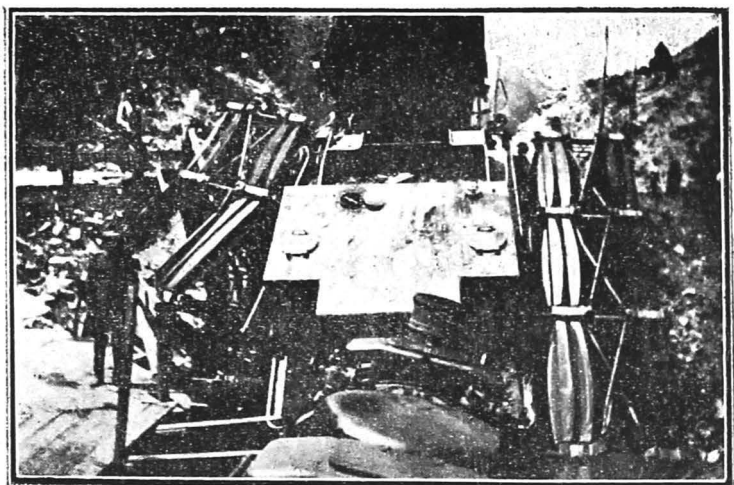


Fig. 48. Căderea podului peste Prahova la kil. 56,5 (detalii)

5, 6, 7 ale grinzei din amonte începând din spre Predeal.

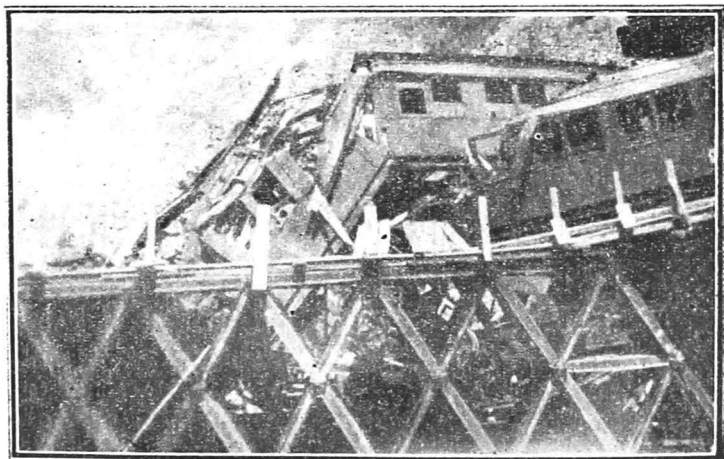


Fig. 49. Căderea podului peste Prahova la kil. 56,5 (detalii)

Același lucru întâmplându-se și grinzei din aval,

podul a lunecat după razeme și a căzut în apă partea din spre Predeal rămânând încă sprijinită pe culee, iar partea din spre Câmpina căzând la picioarele culeei.

Au căzut atunci locomotiva a doua, primul vagon și vagonul de persoane ce urma, care fiind apucat pe dedesubt de cel următor a fost ridicat cu un capăt în sus (fig. 45).

Al treilea vagon a rămas jumătate pe culee, ju-

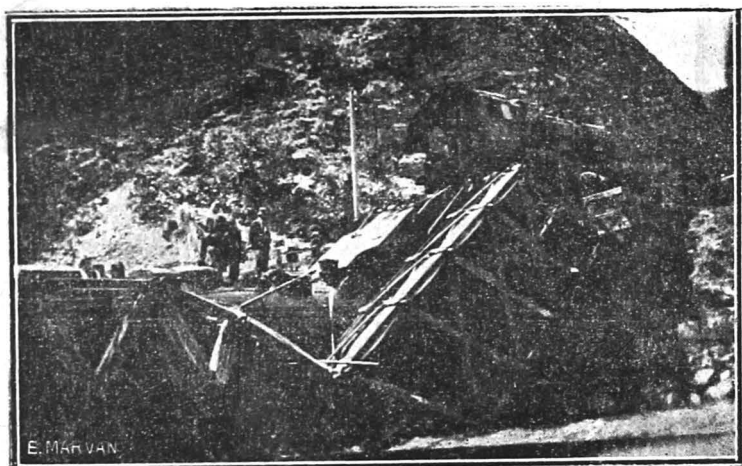


Fig. 40. Căderea podului peste Prahova la kil. 56,5

mătate pe tălpile superioare ale podului pe cari le-a și deteriorat.

Restul podului, în afară de panourile distruse a rămas intact și nedeformat.

*Al doilea pod* (dela kil. 55,9) a căzut la trecerea altui tren de persoane venind de data aceasta din spre Predeal cu o viteză de 3 kil./oră numai, la trecerea pe pod. Trenul era remorcat de locomotiva No. 50.165 cu 14.3 tone pe osie a cărei diagramă e în fig. 53, ea era urmată de un vagon de bagaje cu 14,5 metri

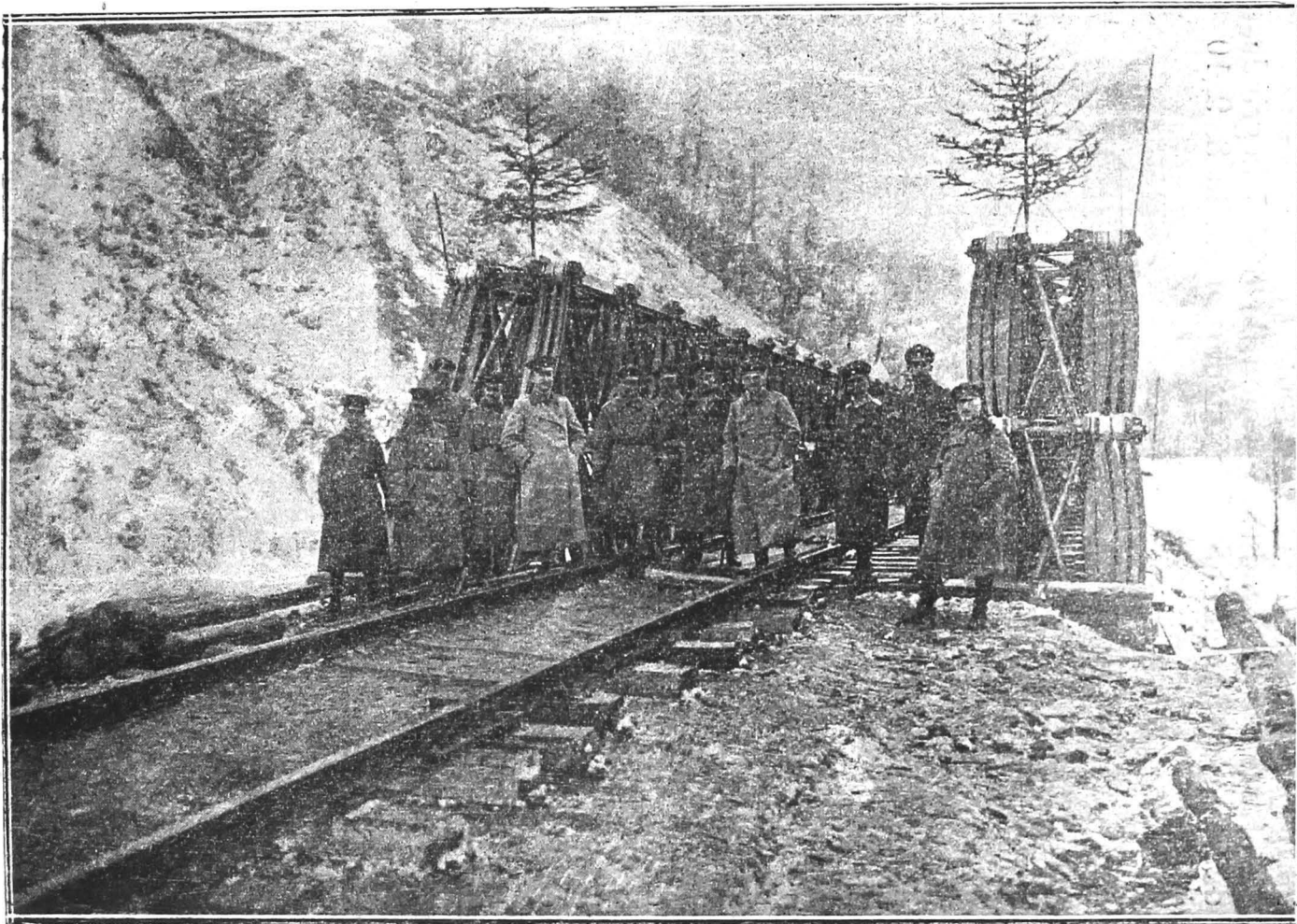


Fig. 51. Capul podului peste Prahova la kil. 56,5.

distanță între osiile extreme, având gol o greutate de 28.700 kilograme (fig. 54, 55, 56).

Ruperea s'a produs pe panourile 6 și 7 la grinda din stânga (Sinaia-Comarnic) și pe panourile 8, 9, 10

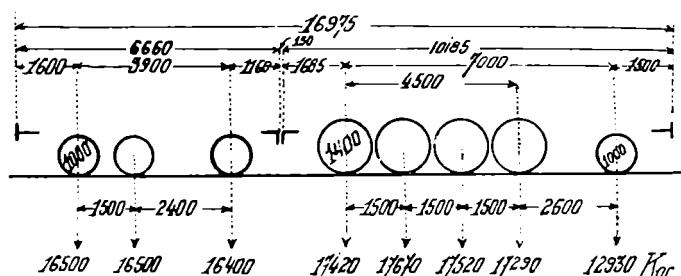


Fig. 52

la cea din dreapta (fig. 57 și 58). În cădere podul a antrenat locomotiva care ajunsese cu botul la al 4-lea panou începând dela Comarnic și vagonul de bagaje care nici nu a deraiat.

Capătul din spre Sinaia (unde era razemul mobil) al podului, sărind din reazeme a căzut de pe culee; grinda din stânga (privind spre Comarnic) că-

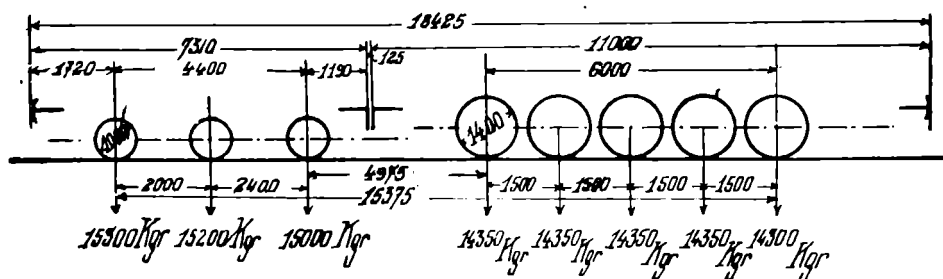


Fig. 53

zând pe taluz iar cel din dreapta la piciorul culeei, podul întreg a suferit o torsiune.

Felul deformării grinzilor pe panourile distruse, dau ca și la primul pod aspectul unui flambaj.



Figurile 55, 57, 58 și 59 arată destul de clar detaliile.

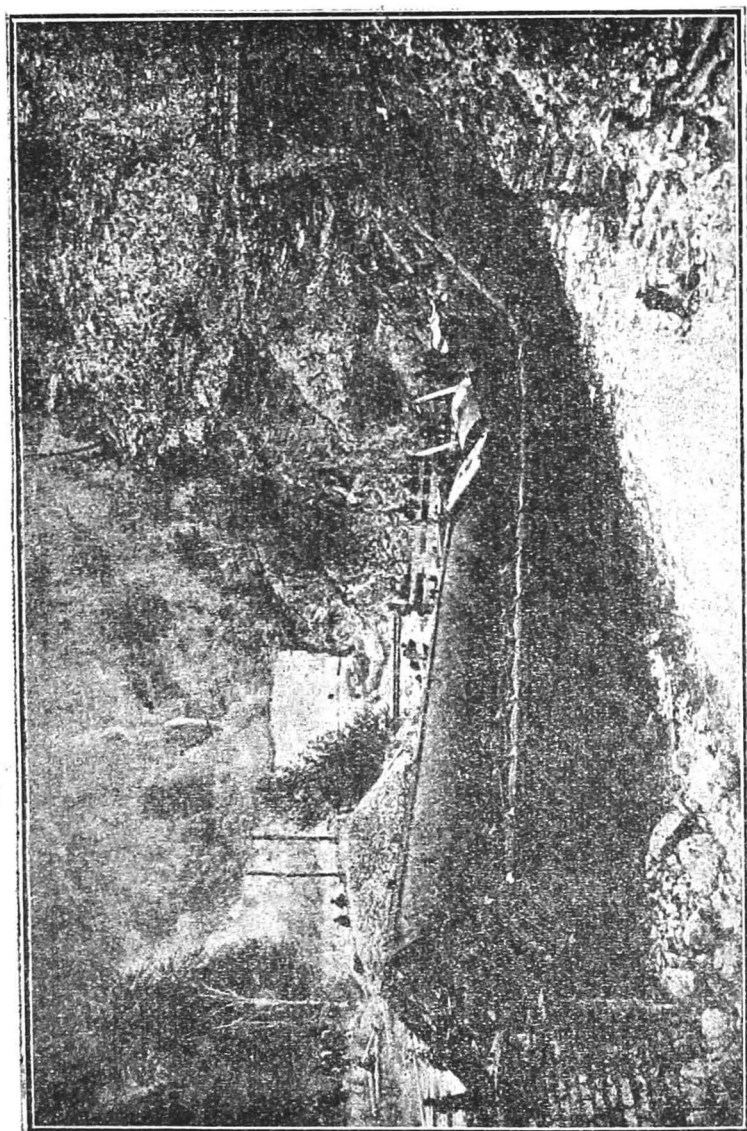


Fig. 54. Căderea podului peste Prahova la kil. 55,9.

Fără îndoială unele din deteriorări și ruperi de  
piese se datoresc și căderii podului, nu ele fiind  
celea cari au provocat căderea.

Vom remarca și aci că restul grinzilor afară de

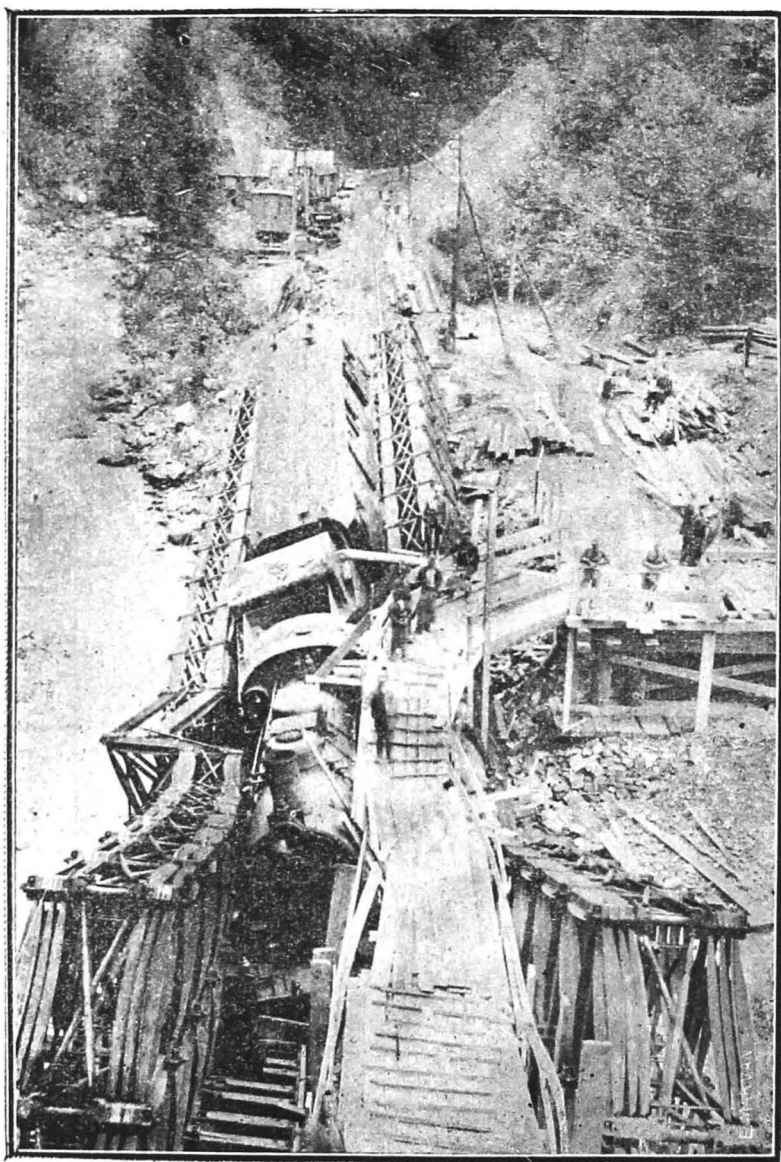


Fig. 55. Căderea podului peste Prahova la kil. 55,9.

panourile rupte a rămas nedeformate.

Săgețile măsurate câteva zile înainte de cădere

fuseseră de 5 cm. sub sarcina permanentă și 8 sub sarcina obicinuită aplicată static.

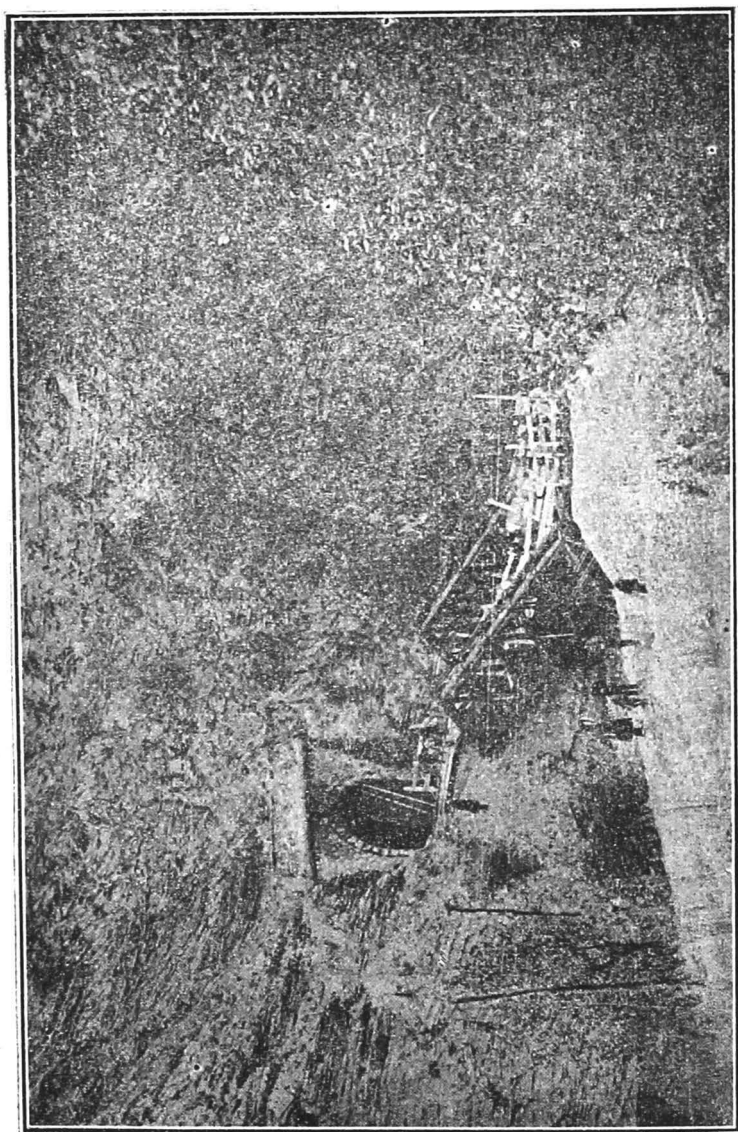


Fig. 56. Căderea podului peste Prahova la kil. 55.9,

Acestea sunt datele ce am putut culege pentru a le aduce la cunoștința cetitorilor „Buletinului” până

la publicarea rezultatelor anchetelor oficiale instituite. Ele nu sunt complete și chiar cele ce mai posedăm

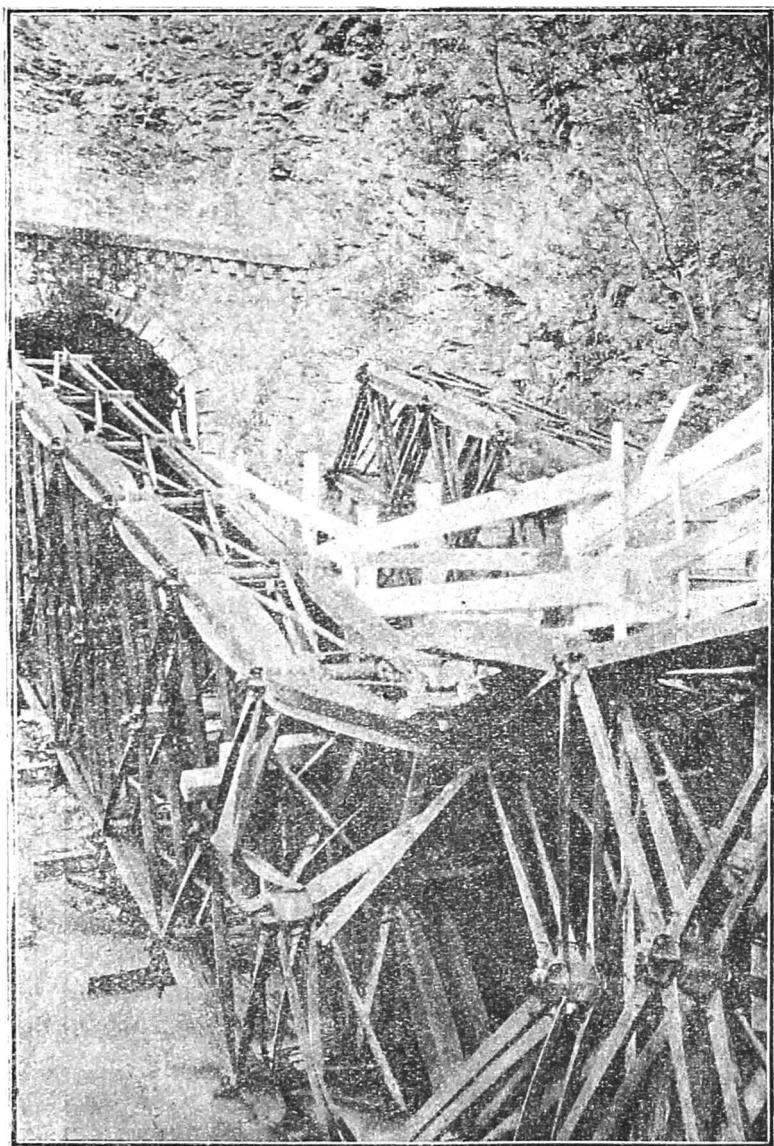


Fig. 57. Căderea podului peste Prahova la kil. 55,9 (detaliu).

nu permit a restabili cu precizie cauzele acestor două accidente.

De aceea ne reținem încă de a emite ipoteze și

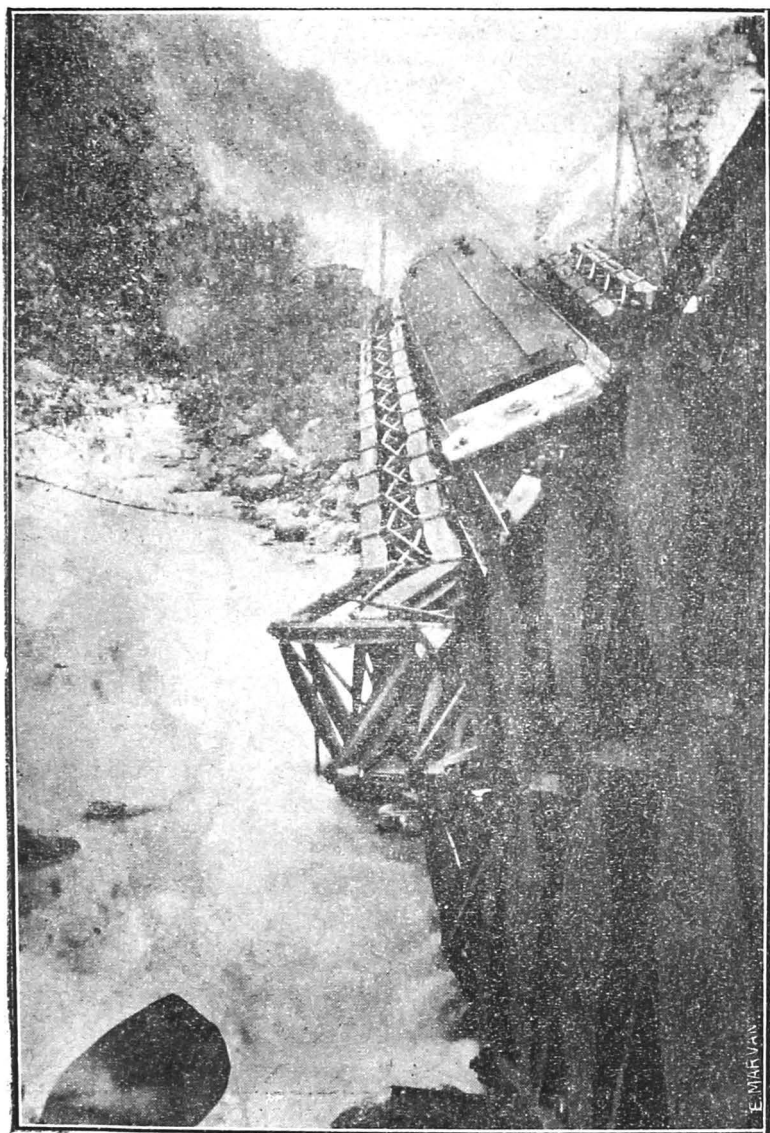


Fig. 58. Căderea podului peste Prahova la kil. 55,9 (detaliu).

studii asupra acestor cauze.



Ori cari ar fi însă cauzele, cele două poduri că-



Fig. 59. Căderea podului peste Prahova la kil. 55,9 (detaliu).

zute, rămân ca niște răni ale orgoliului omenesc acolo în calmul naturei.

Octombrie, 1922.

## LITERATURĂ

---

*Bernard*. Eiserne Brucken.

*Croizette Desnoyers*. Cours de constructions métalliques.

*Elskes Ed*. Pathologie des constructions métalliques.

*Foris*. La Catastrophe de Mönchenstein.

*Gaudard I*. Causes de la catastrophe du pont Mönchenstein (G. C. 1891).

*Gaudard I*. Le gauchissement des ponts métalliques (G. C. 1893).

*Ionescu I*. Cours de poduri metalice.

*Ionescu I*. Activitatea D-lui A. Saligny în construcția podurilor.

*Iassinsky*. Recherches sur la flexion des pièces comprimées (A. P. S. 1894).

*Kivu N*. Memoriu asupra restabilirii circulației pe linia Ploești-Predeal la podul Conciul (B. S. P. 1911).

*Mehrtens*. Eiserne Bruckenbau.

*Phizey I*. La catastrophe des ponts de Cé (G. C. 1907).

*Ritter si Tetmayer*. Raport asupra catastrofei dela Mönchenstein (B. S. P. 1891).

*Seyrig W*. Le chute du pont de Louisville (G. C. 1893).

*Seyrig W*. Ruptures des ponts pendant les épreuves (G. C. 1892).

*Revistele* : Annalles industrielles, 1891.

Centralblatt der Bauverwaltung, 1891 ; 1894.

Congres international des chemins de fer, 1910.

Engineering, 1892 ; 1893.

Engineering News, 1903.

Schweitzerische Bauzeitung, 1891.

The Quebec Bridge.

---