

ISTORICUL DESVOLTAREI CONSTRUCȚIUNEI PODURILOR METALICE

1. Poduri metalice

Primele poduri metalice au fost construite către jumătatea secolului trecut; dar studiul lor industrial și dezvoltarea lor nu datează de cât de la construcția căilor ferate. De la începutul construcției lor, ingineri de drum de fer, s'au găsit în fața unor greutăți neîntâlnite încă la construcția șoselelor; traversarea talvegurilor cu travei de mari deschideri. Zidăriile nu conveneau la deschideri foarte mari, nici execuțiilor repezi; trecerea locomotivelor pe poduri suspendate speria pe ingineri. Trebuia deci să se alerge la podurile metalice.

Primele poduri metalice. Către anul 1848, inginerii recomandau întrebuințarea fontei, în grinzii drepte, pentru deschiderile mici, în arcuri pentru deschiderile mai mari. Chiar în Anglia, unde metalurgia făcuse mari progrese, întrebuințarea ferului laminat dedea loc la multe temeri. A trebuit îndrăzneala lui Stephenson și Brunel, autoritatea comisiunii oficiale de anchetă din 1847—1849, pentru a îndrăzni a sfătui sau a aproba întrebuințarea acestui metal în podurile de mari deschideri ca, «tubular bridge» Britannia și Cronway, primele poduri cu mari deschideri construite în Anglia.

Trebuie remarcat, că prețul kilogramului de fer este destul de mare, 0.75 lei aproape, pe când fonta nu revenea de cât la 0.30 până la 0.40 lei kilogramul. Trebuie spus că calitatea ferului de care să putea dispune, putea da loc la oare care îndoeli. Rezultă din experiențele făcute de Clarke și Hodgkinson, precum și de comisiunea engleză, că la construcția podului Britannia (1847) să cerea o rezistență la ruptură de 30 până la 37

kg. pe milimetru pătrat de secțiune în sensul laminării, și de 27 până la 30 kgr. în sensul perpendicular. Dar ajungea o lungire de 3.09 % până la 5.06 % în sensul laminării și de 0.76% până la 1.30 % în sensul perpendicular; cât despre limita elasticității, ea nu preocupa pe nimeni.

Pentru fonte, din care cele mai renumite erau cele de la Blaenave și Low-Moor, rezistența la tracțiune atinge aproape 9 kgr. pe milimetru de secțiune.

Cu toată întrebuințarea unui metal de calitate relativ inferioare, lucrări importante au fost executate.

In Anglia, se cita ca exemple clasice, arcul de fontă de la Coalbrookdale (1779) pe Severn de 31 m. deschidere, format de un timpan cu zăbrele, a cărei toate barele, întinse sau comprimate erau de fontă; podul Wearmonth de 72 m. deschidere, (1796) a cărui arc era mai rațional compus din cadruri de fontă; podurile de la Southworth (1818) și Leeds pe Aire (1829) ale căror arcuri de fontă erau compuse din bolțari cu secțiune în formă de I.

O dată cu construcția drumului de fer, tendința este, de a părăsi arcul pentru grinda dreaptă mixtă de fer și fontă. Câte-va din podurile de acest sistem, executate cea mai mare parte, în atelierele Fairbairn, cu concursul lui Stephenson, derivă aproape toate din podul Camben (1846) de la Althorpe-Street, sau din podul cu grinzii «celulare» (celular bridge), de la Blackburn (1848). Grinda cu zăbrele, este atunci puțin prețuită în Anglia; nu să scie în adevăr a da membrurilor înălțimea necesară pentru a obține legături suficiente, nici barelor rigiditatea indispensabilă.

Ast-fel, podurile cu zăbrele ale drumului de

fer de la Dublin la Drogheda (1843) executate de John Neil, și travea de 42.70 m. pe canalul regal, la Dublin (1845), nu satisfac.

În cursul anului 1847, inginerii englezi încep a studia travei mari. De o parte Stephenson, cu ajutorul lui Clarke, W. Fairbairn, E. Hodgkinson, execută, «tubular bridges» faimoasele poduri tubulare în tolă, Britannia (144 m. deschidere) și Cronway (120 m).

De altă parte, Brunel preconizează Bowstringul de care face o strălucită aplicație (1847—1848) la podul de la Windsor (58 m. deschidere).

În Franța, influența ideilor engleze este mai întâiu simțită. La paserela podului *des Arts* (1803) să aplică tipul podului de la Coalbrookdale; la podul Austerlitz (1806), înlocuit în 1899 cu un pod de piatră, tipul podului de la Weartmouth.

Dar în 1833, Polonceau imaginează o dispoziție nouă pe care o aplică la podul des S-ts Pêres, în care diversele părți care compun osătura metalică, sunt formate de tuburi de fontă, cu secțiunea transversală eliptică.

Între acestea, de la începutul secolului, câte-va timide încercări de poduri de fer au fost încercate. În 1808, mai cu seamă, Bruyère face să se execute, în fer forgiat, un mic pod de 12 m pe râul Croud, lângă Saint-Denis, a cărui diagram, compus dintr'un arc cu zăbrele duble, deosebit de timpane, să apropie mai mult de timpurile moderne de cât de acele obținute la acea epocă.

În fine, în 1847, frații Séguin construiesc la fie care capăt a podului Napoleon pe Saône, două mici deschideri de fer de 20 m deschidere cu o săgeată de 1|20, a cărui arc și timpane sunt construite de un sistem de zăbrele în V.

Germania nu stă la îndoială a întrebuița ferul sub formă de grinzi drepte, bowstring, fusuri cu membrurele parabolice etc.

În 1838; să execută, în fer paserela de la Dëmberg, cu fusuri parabolice de sistemul Louis Laves; în 1841, paserila de la Laveste, de 14 m 60 deschidere; în 1842 cea de la Stadtkanal de Potsdam de fer și fontă.

În 1846, să așează peste Neiss (pe linia Berlin Breslau) lângă Gùben, un pod cu zăbrele, de 10 m deschidere. Acest exemplu este imediat urmat: să poate cita, în 1847, podul cu zăbrele de la Altstadt, pe Ruhr, compus de cinci travee de

31^m 40 și podul Gzihena, pe Saal (1848) compus din 29 travee de 15 m.

Zăbrelele sunt cu ochiuri dese (0^m.60 lungime liberă, din ax în ax a încrucișării barelor) și sunt de fer lat. Din nefericire ca și în Anglia legăturile sunt insuficiente.

În *Statele-Unite*, abia în 1838 să execută în sistemul Pratt sau Howe, primele poduri mixte, lemn și fer forgiat; lemnul fiind rezervat pieselor comprimate, ferul pieselor întinse. Aceste poduri sunt articulate, pentru a reduce travaliul la montaj, după cum să zicea. Nouă ani mai târziu în 1847, Squire Whipple, începe a construi poduri cu totul metalice în același sistem, mulțumindu-se a înlocui lemnul cu fontă, și propune chiar de atunci, o metodă de calcul rațională a diferitelor bare care compun sistemele Americane. Până în 1850, podurile metalice fac puține progrese, până la această epocă, cele mai multe travee n'au de cât 16 m de deschidere.

În resumat până în 1848, în Franța și Anglia se preferă grinzile drepte de fontă, sau de fer și de fontă, până la 18 m deschidere, și arcurile de fontă pentru deschiderile mai mari.

În Germania chiar pentru deschiderile medii să preferă grinzile cu zăbrele multiple, cu ochiuri mici, formate din fer lat. În Statele-Unite, grinzile cu zăbrele simple sau duble, cu articulație, sunt întrebuințate în condiții raționale.

Acastă esitare în alegerea formelor de adoptat sau a metalelor de întrebuințat, provenea în parte, de nesiguranța în care să găseau inginerii, în privința condițiilor de stabilitate și rezistență a uvrajiilor lor.

Cu toate frumoasele lucrări ale lui Navier, în Franța și Stokes în Anglia, nimeni nu era pătruns de condițiunile în care trebuiau aplicate marele legi ale mecanicii la rezistența materialelor.

Să determinau, de cele mai de multe ori dimensiunile podurilor, fie prin încercări diferite asupra pieselor izolate, fie prin considerațiuni de asemănare. Ast-fel înainte de a construi podul Britannia (144^m lungime) Stephenson făcu să se execute numeroase încercări asupra unui model de 29^m lungime, 1.37^m înălțime și 0.81^m lărgime.

Totuși, de atunci, să simte trebuința de a să preciza eforturile suportate de deosebitele piese ale unui pod.

În Anglia, lumea să sperie de influența dinamică a încărcărilor în mers, trecând pe podurile de drum de fer, să caută influența repetată a încărcărilor, flambagiu (Eaton Hodgkinson) coeficienta de siguranți etc

Comisiunea engleză de anchetă, insistând asupra necesității încercărilor mecanice a fontelor sau ferului, intrând în compozițiunea unui pod, crede, după numeroase încercări; că coeficientul de siguranță trebuie să fie luat egal cu 6; că trecerea trenurilor mărește, cel puțin cu jumătate, forța elastică datorită încercărilor statice; și după încercările unuia din raportorii săi, celebrul Eaton Hodgkinson trebuie ținut socoteală de coeficienții de flambagiu.

În fine comisiunea recomandă de a aplica, în calcule încărcările reale a celor mai grele vehicule.

Aceste încărcări sunt încă foarte mici, greutatea celei mai grele mașini de atunci era de 20^t , repartizat pe o lungime de 6^m , și vitezele nu întreceau 40^{km} pe oră.

Aceasta este situația industrială și tehnică a construcțiunei metalice, în minutul când veni în Franța vestea așezării traveelor tubulare de 144^m ale podului Britannia, și de 120^m ale podului Cronway.

Acest eveniment arată tot folosul ce să putea trage din întrebuițarea ferului laminat.

Pe lângă aceasta, ceea ce impresiona erau greutatețile întâlnite și îndrăzneala cu care aceste poduri au fost complet montate pe uscat, apoi transportate pe apă până la locul lor, în fine ridicate dintr'o dată, cu ajutorul unor lanțuri acționate de prese idraulice la mai mult de 50^m înălțime pentru a le așeza pe reazeme, când fie care din cele două tuburi independente ale podului Britannia cântărea 1300^t .

Doi ani după aceasta să executa în Franța podurile de la Clichy și Asnières, primile poduri de fer laminat.

Execuțiunea acestor poduri a dat naștere la curioase încercări, mai cu seamă în ceea ce privește nituirea simplă și cu dublă secțiune.

Câți-va ani mai târziu, în 1855, cu ocazia primelor lucrări de la drumul de fer de Midi, să adoptă podurile metalice cu inima plină, cu cale inferioară sau mediană. O primă aplicațiune este

făcută, la podul cu trei travee de la Langou (1855). Traveele mărginașe sau lungimi de 64^m , iar travea centrală 74^m , forța elastică maximum nu întrecea 6 kgr. pe mm pătrat de secțiune. Supraîncărcare pe metru de cale simplă este de 4^t montagiul, este făcut cu ajutorul unui pod de serviciu.

În Anglia, Brunel, continuând studiile sale asupra bowstring, execută podul Chepstow, apoi marele pod de la Saltash (1855) cu două travee independente de 139^m fie care, greutatea unei grinzi cu zăbrele este de 913^t și costul total a fost de 4 milioane, pe când podul Britannia grinda plină a costat 15 milioane.

Acest rezultat este pentru ingineri condamnarea grinzilor pline pentru mari deschideri.

De acea de acum, grinzile cu zăbrele, sub forma de grindă dreaptă, bowstring, fus parabolic ia o desvoltare considerabilă.

În Belgia, să adopta pentru podul de la Audenarde, pe Escaut, compus din 4 travee de 28^m fie care, un bowstring cu ochiuri largi, a cărei talpă superioară curbă este formată de două părți reunite cu pene, și este calculat ca un arc articulat la vârf.

La viaducul de la Crumlin (1856) compus din zece travee de 46^m fie-care, să adoptează grinda articulată de sistemul Warren: barele comprimate sunt de tuburi de fontă, barele întinse de un fer lat.

Germania este credincioasă ideilor sale asupra întrebuițării zăbrelelor: să construesce către această epocă, marele pod de la Colonia, a cărui țesătură cu zăbrele strânse, presintă aceleași inconveniente ca podurile deja construite. Mai târziu (1860) să construesce podul de la Kiehl care are multe analogii cu cel de la Colonia.

Cea ce a întârziat în Franța, introducerea grinzii drepte cu zăbrele, era teama inginerilor că cele două tălpi nu ar putea să fie făcute solidare prin zăbrele. Înălțurarea acestei temeri să datorește lui Flachet, mulțumită ideii care a avut'o de a înlocui fearele late din sistemele germane prin bare rigide, îndeponate. Sub această influență au fost construite podurile de la Orbien (1857), podul de la Bordeaux (1859) compus din șapte travee solidare cu împătrită rețea de 77^m lungime pentru traveele intermediare și de 58^m pentru traveele laterale.

Aceste două uvrage pot fi considerate ca tipuri din care derivă deosebitele sisteme de grinzi continui adoptate astăzi.

Intrebuințarea ferului în podurile cu grinzi continui sau independente, aduse pe inginerii a întrebuințată, de asemenea acest metal și la podurile în arc; să poate cita în această ordine de idei podul peste Sambre (32.30^m), podul cu două rotule pe canalul Saint-Denis în sistemul Polonceau (1858). Dar numai în urma teoriilor lui Bresse (1858) și d'Albaret (1862) podurile în arc de mari deschideri au luat o mare extensiune în Franța și în cele lalte țări.

De la 1865, construcțiunea metalică face progrese simțitoare sub influența noilor metode de calcul, și a ameliorațiunii continue a procedurilor de construcțiune.

Bazele fundamentale ale rezistenței materialelor sunt datorite inginerilor francezi Navier, Clapeyron, Bresse, Saint-Venant. Dar mai cu seamă de trei zeci de ani teoriile generale ale acestor savanți au fost aplicate mai special calculelor diverselor piese care compun un pod metalic.

Numele lui Winkler, Mohr, Müller-Breslau Weyrauch, Eddy, etc. cărora li se datoresce concepțiunea liniilor de influență, momentele și eforturile secundare etc., ne amintesc progrese incontestabile.

Maxwell, Cremona-Culman, mulțămită aplicărei statice grafice, Mauriciu Levy prin remarcabilele perfecționări și simplificări aduse acestor metode au transformat teoriile vechi, și au permis inginerilor de a să asigura mai precis de cât altă dată, de influența tuturor încărcărilor care lucrează asupra unei construcțiuni.

2. În acelaș timp cu transformările metodelor de calcul, lucrările executate în laboratorii de încercări de materiale permiteau de a precisa unele cestiuni relative la flambagiu, sau la repețirea eforturilor pe care Hodgkinson și Hove mai cu seamă, le trataseră fără a le rezolva complet.

Experiințele și calculele lui Laissle și Schübler, Gordon, Baulhine, Bauschinger, Tetmajer, Martens, Considère, etc., au lămurit condițiunile în care să produce flambagiul pieselor.

Lucrările lui Wöhler și Spagenberg asupra influenței repetirei eforturilor ridicase multe temeri, îndepărtate astăzi.

În fine teribilul accident de la Tay (1879) a

reamintit inginerilor importanța pe care o prezenta studiul eforturilor datorite vântului, și în general eforturilor orizontale din punctul de vedere al stabilității și rezistenței construcțiunilor.

3. Progresele realizate de metalurgie în fabricarea oțelului, au permis de asemenea a da construcțiunilor metalice o nouă dezvoltare. În 1863, în Olanda, în 1864 în Anglia, în 1867 în Franța, în 1870 în America, au fost construite primele poduri de oțel.

În aceste uvrage, precum și în acele executate în 1876 în Olanda și în Austria, inginerii plecând de la un principiu neexact, întrebuințase o calitate de oțel având o rezistență la rupere ridicată (55 la 70 kg. pe milimetru de secțiune), fără a se preocupa de lipsa de lungire și de duritate, care era o urmare. Accidente întâmplătoare în Austria, experiențele defavorabile ale lui Harkort, fură cauzele unei opriri în primirea acestui metal. Nu să dispunea, de altminterlea, la această epocă de mare varietate în calități. Dar în urma ameliorațiunilor aduse metalurgiei oțelului și rezultatelor obținute în marina franceză, prin înlocuirea cu oțel moale, a ferului de calitate superioară, să înțelese că în construcțiunile mecanice trebuia recurs la un metal care să prezinte o mare lungire. Interesantele comunicațiuni ale d-lor Périssé, Seyrig, Dalat, Cauthier, Cannovetti n'au contribuit mai puțin a răspândi această idee. Ast-fel oțelul întrebuințat astăzi la poduri, prezintă o rezistență de 42 kg. pe un mm. pătrat de secțiune, și o lungire de 22 %.

Mulțumită creșterii rezistenței și micșorării greutatei, care rezultă din întrebuințarea acestui metal, s'au putut executa în Europa și America uvragele considerabile moderne. S'a găsit folositor chiar a întrebuințată oțelul moale pentru deschiderile medii. Din acest punct de vedere inginerii francezi au întrecut pe colegii lor din Europa.

4. Procedurile de construcțiune s'au perfecționat de asemenea.

Perfecțiunile introduse în fundațiile cu aer comprimat, au exercitat de asemenea, o serioasă influență asupra dezvoltării podurilor, și mai cu seamă a podurilor cu grupi continui. În 1839 Trieger imagina sistemul de fundații tubulare cu aer comprimat. Dar primele aplicațiuni la fundațiile de poduri nu datează de cât de la execuțiunea podurilor de la Rochester (1851) și Saltash (1855)

unde să fundă o pilă la 25^m adâncime sub nivelul apelor mari. Astăzi chiar nu să trece peste 40 m. Tuburile cari erau de tolă nu dădură deplină satisfacție și fură înlocuite de la 1857 (podul de la Szegedin) prin tuburi de fontă. În acest sistem au fost construite podurile de la Bordeaux și Argenteuil (1861).

Înlocuirea tuburilor prin chesoane de tolă, prin urmare cu mari camere de lucru, datează de la podul de la Kehl (1860). Perfecționări au fost aduse acestui mod de fundațiuni, cu ocazia construcției podului de la Voulte (1861), Nantes (1863). Americanii au dat exemplu de întrebuințarea chesoanelor de mare suprafață la construirea podului de la Saint-Lanio și podului de la Broothlyn (1632^{m²}) dar aceste dimensiuni au fost întrecute în 1878, cu ocazia construcției bazinului a darsei de la Missiessy (5904^{m²}). Aceste camere fixe se înlocuiau câte odată cu chesoane amovibile.

Uvrage moderne. Sub impulsivitatea datorită progreselor metalurgiei, ameliorațiunii procedurilor de construcție, și metoadelor de calcul, podurile metalice au luat de câți-va ani o dezvoltare considerabilă.

Podurile în arc ating o deschidere din ce în ce mai considerabilă, și sunt construite după formule mai raționale; să tinde a separa mai cu seamă arcul de timpane. Toți inginerii cunosc viaducul de la Erdre de 95^m deschidere, podul Morand pe Saône la Lyon (63—67^m), podul apeduc de la Argenteuil (70^m deschidere). Dar aceste deschideri sunt cu mult întrecute de viaducul de la Douro, Luiz I, a cărui coardă e de 172^m, în fine marele arc de la Garabit de 165^m deschidere, cari toate trei derivă din același tip. Arcul central al viaducului de la Vieur de 250^m de coardă, este unul din cele mai mari uvrage din epoca noastră. Arcul clasic, incastrat la nasceri, tinde a face loc arcului cu două rotule, sau chiar cu trei rotule.

În podurile cu travee independente s'a înlocuit grinda dreaptă în N, sau grinda cu rețeaua multiplă, cu ochiuri mari cu zăbrele rigide și legături robuste, grinzilor cu zăbrele dese de altă dată. Să întrebuințeze încă sistemul Linville, ca la podul de la Lavassac (1895) de 80^m deschidere. Pentru unele din aceste uvrage s'au adoptat proceduri de montaj interesante. E de remarcat

între altele, viaducul de la Evires, compus din două travee independente de 53^m, tablierul a fost lansat, reunind printr'un rost special cele două travee.

La podul de la Novilly, pe Doubs, din cauza puținii consistenți a solului, s'a lansat travea unică, cu ajutorul unei scheli plutitoare, care să deplasa pe măsura înaintării lucrării.

Podurile cu travee solidare au luat o mare dezvoltare. Vom cita podul de la Cubzac (1885) de 563^m lungime în 8 travee, susținut de 7 pile metalice de 17^m înălțime, unde din cauza importanței uvragei, constructorii au trebuit să manevreze pârghiile de langagiu, prin ajutorul unui motor cu aburi, instalat pe tablier și a nitui opritori pe capul arbaletriarilor pilelor, pentru a împiedica căderea tablierului în timpul lansării. În fine pentru a repartiza presiunea s'au întrebuințat suporturi de galeți de lansagiu cu dublă oscilațiune.

Viaducul de la Chaps pe Drôme, viaducul de la Var, podul de la Rio Salado în Spania, cu trei travei de oțel de 105^m, podurile de la Erupabeh și Mansouroh pe Nil de 501^m și 245^m a căror pile fundate cu aer comprimat, au fost scorbate la adâncimi variind de la 29^m la 36^m sub apele mari.

Podul canalului de Briare de 600^m de lungime în 15 travee, podul-canal metalic, cel mai important din câte s'au construit, s'a procedat la lansagiu, plecând de la amândouă țărmurile. La viaducul de la Gieu (363^m lungime în șapte travee de oțel. 1890) grinda continuă în N, a trebuit să fie montată pe schele, din cauza existenței viaducurilor de acces: compresorii mașinilor de nituit idraulice erau mișcați cu electricitate. Podurile zise à *béquilles* imaginate de compania de Est, sunt o transformare fericită a grinzilor incastrate de sistemul Clapeyron. Podurile Saint-Jean și Stanislas la Nancy, podul bulevardului la Chapelle, la Paris, au fost construite după acest tip.

În fine, în aceste de pe urmă timpuri, adoptarea sistemului *Cantiliver* și întrebuințarea oțelului au permis de a face deschideri considerabile; podul Forth, podul de la Cerna-Vodă, vor rămâne tipuri clasice ale acestui sistem, care tinde a fi aplicat și la deschideri mai mici, precum s'a făcut la viaducul de la Borcea și la podul de la Hanoi, pe fluviul roș, de 1682^m deschidere, comportând travei de 75^m până la 106^m.

Podul de la Tolbiac, la Paris, este de asemenea un Cantiliver, care prezintă această particularitate că grinzișoarele sunt legate de grupi printr'o articulațiune așezată în planul vertical de simetrie al grinzei.

2. Podurile de zidărie.

Nu trebuie a pierde din vedere, că mulțumită îmbunătățirilor introduse în fabricarea materialelor de agregatiune și dezvoltării fundațiilor cu aer comprimat c, inginerii au putut perfecționa metodele moștenite.

Aceste metode erau, de altmintrelea, foarte dezvoltate, de oare ce ele au permis executarea de lucrări a căror îndrăsneală abia astăzi e întrecută.

În Franța podurile de la Avignon (1187) și Guillotièrè (1307) cu bolțile lor de 33^m, de la Céret pe Tech (1336) cu bolțile sale de 45^m, podul la Vieille pe Drac, al cărui plin cintru are 45, 65^m de diametru (1608—1611); vechiul pod de la Lavans de 48^m75 deschidere (1773—1791); În Italia vechiul pod de la Verona (1354) de 49^m de cosda, faimosul pod Trezzo pe Adda (1370) de 72^m deschidere; în Spania podul în ogiva de la Saint-Marlin la Toledo (1205) de 40^m.25, sunt atâtea exemple remarcabile de ce să putea face.

Onoarea de a fi precizat condițiunile de stabilire a podurilor de zidărie, revine inginerilor francezi din secolul XVIII: numele lui Hire, Hupeau, Boistard și mai ales al lui Perronet au avut în secolul trecut o reputație meritată.

Întrebuințarea de materiale de mari dimensiuni era atunci regulă absolută: la podul de la Neuilly (39^m deschidere) bolțarii au 1^m.80 de lungime, 1^m.62 de înălțime, 0^m.40 grosime; ei cubează 1 46^{ms}. În urma unei tendințe analoage, să adopta pentru chee o grosime destul de mare $\frac{1}{12}$ până la $\frac{1}{17}$ din deschidere; dimensiunile pilelor erau adesea determinate pentru a putea servi de culee. Săgețile atingeau $\frac{1}{8}$ până la $\frac{1}{10}$ din deschideri; excepțional $\frac{1}{15}$ (podul de la Nemours). Insemnatele descoperiri ale lui Vicat asupra varurilor și mortarelor idraulice avură o influență considerabilă asupra importanței și duratei lucrărilor de zidării.

Să reduse cubul bolțarilor, și să începură cu mai puțină teamă uvrăgii importante. Ast-fel se construiseră în Franța viaducul de la Nîmes (1844)

de 1589^m lungime; podul-canal de la Agen 1840—1848) de 539^m; la Veneția marele viaduc al drumului de fer de mai mult de 3600^m lungime (1841—1846); în Anglia, podul de la Londra (1824—1831) cu bolțile sale de 39 până la 46^m de deschidere; podul de la Maidenhead (1838) pe Great Western.

În acelaș timp pentru a menține intervalele rosturilor și a repartiza uniform presiunile în timpul descintrării, curioase încercări de rosturi de plumb sunt executate în uvrăgii de mari deschideri. La podul de la Chester pe Dee (1827—1834) de 60—96^m deschidere și de 12.81^m săgeata; la podul de la Turin pe Dora de 45^m deschidere (1834) se introduc fâșii de plumb în rosturi pe două treimi de la intrados de la nasceri. La podul de la Berna pe Aar (40 06^m deschidere), foile de plumb sunt intercalate în rostul de rupere. Toate aceste lucrări au fost executate după experiențele făcute în secolul XVIII-a.

La Hire este cel de 'ntâiu care a căutat a determina (1712) înclinarea rosturilor de rupere, pe care el le fixa la 45°, în loc de 30°, cifra în general admisă astăzi.

În 1796, numeroasele încercări ale lui Boistard, cu ocazia construirii podului de la Nemours, puseră în evidență mișcările cari se produc la chee și la restul de rupere în minutul când echilibrul limită este întrecut.

În 1823 Lamé și Clapeyron deduceau din aceste experiențe o teorie a bolților; și în 1840 Méry imagina o metodă, dacă nu foarte exactă, cel puțin foarte simplă, pe care studiile lui Durand-Clage și Gobert au perfecționat-o. Distrugerea unui mare număr de poduri în timpul războiului din 1870 a arătat că ipotezele pe cari erau fondate aceste metode, erau mai mult nefavorabile și în ori ce caz se îndepărtau mult de realitate.

Uvrăgii moderne. De cinci-zeci de ani ideile s'au modificat. Să constată în această perioadă o tendință a inginerilor de a întrebuința deschideri mari, de a înlocui cu materiale mici bolțarii de piatră de talie, în fine a căuta a micșora crăpăturile bolților la descintrare, apropiindu-se de condițiunile în cari uvrăgiile au fost calculate.

①. Dacă se aruncă o privire asupra uvrăgiilor executate în acești de pe urmă ani, se vede că

cu toate ușurințele și repeziciunea de execuție, pe care o prezintă întrebuintarea tablierelor metalice, nu s'a stat la îndoială a adopta mari deschideri de zidărie.

În *Franta*, încă din 1856, s'au construit viaducul de la Nagent sur-Marne, cu bolți de 50 m.; în 1860 să construesce la Saint-Sauveur o boltă de 42^m; apoi să vede construindu-se succesiv podurile de la Saint-Gervais și Scia de 52^m deschidere; în 1874 noul pod de la Chain pe Drac (53^m)

Frumoasele poduri de la Castelet de 41^m,20 pe Ariège (1882); de la Lovaur de 50^m (1883); podul Antoinette (61^m10).

În 1888 să construesce viaducul de la Vingeanne, compus din 7 bolți de 37^m. În 1891 să execută pe noua linie de la Limoges la Brive un pod de 65^m deschidere.

În *Italia* Focca și Sasso construesc în 1870 podul Dracului și în 1872 podul Annibal, amândouă de 55^m deschidere.

În fine în *America* încă din 1862 să construesce bolta Caben-John de 67^m, deschidere care face parte din apeducul de la Washington.

Adoptarea marelor deschideri, fusese încurajată de experiențe cunoscute făcute în 1868, la Soupe, asupra unui arc de încercare de 38^m de coardă, de 2125, săgeată corespundând la o rază de 85^m. 10.

Presiunea la chee atingea 45.71 kgr. pe cm. pătrat Arcul nu s'a rupt de cât sub o supra-încărcare corespunzând la o presiune la chee de 455 kgr., adică corespunzând sfărămării mortarului. Să constată că supra-încărcarea de aproape 1700 kgr. pe m. pătrat nu producea efecte superioare acelora datorite variațiunilor de temperatură.

În adevăr influența temperaturii este cu mult mai considerabilă de cât să crede. Coeficientul de dilatație al zidăriilor, în medii, jumătate din acel al ferului. Ast-fel la viaducul de la Gournioiv să constată din iarnă până vara o denivelare la chee de 12^{mm}.

②. În toate uvragiile moderne, să înlocuesc mici materiale, în locul bolțarilor grei de piatră de talie, cari până acum compuneau arcurile de față. Întrebuintarea acestor materiale dă loc la o mare economie, ușurând montagiul și așezarea, simplificând schelele și aparatele de ridicat, asigură în

acelaș timp zidăriei o uniformitate de compresiune și o omogenitate care permit a culatura diferințele de taxări și contribue la stabilitate. Să parvine ast-fel a construi bolțile cele mai îndrăsete și a micșora la descintrare mișcările uvragiului. Ast-fel au fost executate podurile Cabin-John, Annibal și Dracul (bolți în parte de căramidă), Lavour, Castelet etc., a căror bolți au fost construite prin inele succesive, fie independente, fie mai bine legate între ele.

Această tendință de a reduce importanța materialelor în poduri, a condus chiar pe mai mulți constructori a preconiza întrebuintarea betonului comprimat, în uvragii de oare-care importanță.

③. În fine pentru a micșora crăpăturile cari se produc la descintrare, să încerca apropierea cât mai mult de condițiile tehnice, după cari dimensiunile bolței au fost calculate,

Un cintru, chiar rigid, să încovoae mai mult de cât o zidărie; să produc tot-d'a-una prin urmare crăpături în punctele unde bolțarii nu mai sunt sprijiniți, adică la rosturile de rupere. Crăpături se pot de asemenea observa în alte puncte mai mult sau mai puțin fixe ale cimbrului. Trebuesc deci luate precauțiuni speciale în aceste puncte.

Ast-fel podul de la Lavour, Antoinette și Gournioiv, bolta a fost articulată, oare-cum, în dreptul fie-cărui punct fix al centrului, divizând-o prin rosturi uscate (cari nu sunt umplute de cât la descintrare, într'atâtea bucăți câte puncte fixe se admiteau pentru cintru.

Această preocupățiune de a împuțina crăpăturile a dat loc, mai ales în Germania, din 1877, la construcțiuni de adevărate bolți articulate. D. inginer Laibrend a interpus la chee și rosturile de rupere foi de plumb comprimat pe o lărgime oare-care a rostului, restul rostului rămânând deschis. Era sigur ast-fel de a limita pe o zonă oare-care punctele de trecere ale curbei de presiune.

S'a calculat lărgimea foiei de plumb, care constituie articulațiunea, ast-fel că metalul suportă, sub cea mai mare încărcare, un efect inferior de 120 kgr. pe cm. pătrat și 300 kgr. pentru plumbul dur. De oare ce prin micșorarea lărgimei rosturilor, bolțarii vecini supoartă presiuni foarte ridicate, ei au fost executați în materiale alese, și

foile de plumb s'au căutat să fie mereu în contact cu bolțarii.

Aceste dispozițiuni au fost aplicate la podurile peste Murr (43.50^m), Enz, Hafen (4.5^m), Glati (20.80^m). În fine în podurile recente (1891—1896) zidăria bolței a fost înlocuită cu beton. Ast-fel au fost construite podurile de la Menderkingen de 50^m deschidere, de la Coulevrenière la Geneva 40^m, Inzighofen (48^m), în fine podul pe Neckar, compus din piatră bolți de 38^m deschidere și de 5.50 săgeata.

Cintruri. Tendința actuală este deci de a da uvragiilor de zidărie o mare deschidere. Dar să poată spera a ajunge și la deschideri mai mari încă, și a obține bolți de 80^m și chiar de 100^m.

În cea ce privește bolta însăși, nu există nici imposibilitate a executa aceste deschideri excepționale, numai să dispunem de mortare de bună calitate și bun material.

Adevărata greutate este cubul considerabil de lemn și prin urmare cheltuiala enormă a instalațiunii pe care o cer cintrurile actual adoptate pentru bolțile mari.

Cu toate acestea s'au făcut mari progrese în acești de pe urmă ani.

De mult timp s'au părăsit pentru bolțile mari cintrurile din secolul al XVIII-lea, cari nu se resemău de cât pe două puncte de reazem la nasceri erau prea flexibile. Să întrebuițează astăzi cintruri cu rezeme fixe, cari permit a reduce crăpăturile în minutul descintrării.

Această descintrare se face în condițiuni mult mai preferabile.

Dar cu toate aceste perfecționări, mari progrese mai rămân încă de făcut, și de acest progres depinde în mare parte viitorul marelor deschideri de zidărie.

Unii ingineri cred că ar trebui adoptat cintrul de fer în locul celui de lemn. Să citează în această direcție cintrurile în fer de la unele tuneluri și adoptarea acestui sistem la construirea viaducurilor liniei Ménerville la Tizi-Ouzou.

3. Poduri suspendate.

Podurile suspendate, cu frînghii de cânepă, au existat în tot-d'a-una. Dar primele uvragii, prevăzute cu suspensiuni metalice (lanțuri, bare de

fer articulate sau cabluri metalice) nu datează de cât de la sfârșitul secolului trecut, când câte-va poduri de felul acesta au fost construite în America.

În Anglia podurile suspendate datează din 1810, în Franța din 1823. Primele poduri franceze sunt datorite fraților Séguin.

Sucesele dobândite de aceste uvragii fură așa de mari, în cât 25 de ani mai târziu, mai mult de trei sute de poduri suspendate existau în Franța; cele mai multe fuseseră construite de industria privată ca poduri de trecere cu plată.

Catastrofa traveei de la Basse-Chaine, la Angers, în 1850, opri avântul constructorilor. În curând podurile suspendate căzură într'un discredit complet, din care abia acum câți-va ani au început a se ridica.

Vechile proceduri de construcție. Cu toate că inginerii francezi Navier (1823) și Julien (1825) stabiliseră, aproape complet, condițiunile de stabilitate ale podurilor suspendate, primi constructori căutară mai ales economia și ușurința, fără a se ocupa de cestiunile de rezistență și durată.

Ast-fel în uvragiile primitive, tablierul era cu totul de lemn, prin urmare foarte flexibil, cu suspensiuni rău echilibrate; zidăriile erau fondate în condițiuni defectuoase.

Să pot cita, în Franța, podul de la Roche Bernard (1836) de 198^m deschidere, cu cabluri metalice, căzut de două ori, întâiu în 1842, apoi în 1866, când a fost restaurat în condițiuni mai raționale, podul de la Suresnes (1840) a cărui cabluri erau formate de fâșii de fer laminat; podul de la Langeais (1848) în care cablurile erau constituite de bare de fer lat de 54^{mm} pe 10^{mm}.

În Elveția, să poate cita podul de la Fribourg (1832) de 271^m deschidere; în America, unde podurile atârinate sunt încă în favoare, se poate cita podul de la Whoeling pe Ohio de 308^m lungime, executat în 1849 și restaurat în 1851 și 1860; podul de la Cincinnati (1867) de 322^m deschidere.

Pentru a permite tablierelor acestor uvragii de a suporta căile ferate, Americanii le dădură o rigiditate mai mare, menținându-le prin grinzi metalice și atârându-le prin catarturi oblice, fixate în piloane de zidărie.

Podul din aval de Niagara (1841—1855) de

250^m deschidere, în care s'a înlocuit, în 1877, toate piesele de lem prin oțel, și podul destul de cunoscut de la Brooklyn de 470^m lungime (1870 – 1883) sunt cele două tipuri care caracterizează primele tabliere rigide, dând trecere căilor ferate.

Uvrăgii moderne. De douăzeci de ani, mari îmbunătățiri au fost introduse în aceste construcțiuni sub inspirațiunea D-lui Arnodin, căruia se datorește sistemul de *pod suspendat metalic rigid, cu piese amovibile ce să pot schimba între ele.* Acest sistem este acum în general admis.

S'a renunțat la toate modurile de suspensiune, și s'au înlocuit cablurile cu fire paralele prin cabluri cu fire răsucite, pentru a evita oxidarea. Metalul întrebuințat este oțelul moale, rupându-se la 70 kgr. pe milimetru pătrat de secțiune, și să admită un coeficient de siguranță egal cu 4. Zugrăvirea cu ceruză este înlocuită cu un strat de coaltar purificat.

2^o Lângă reazeme, tablierul este susținut de un număr oare care de catarturi rigide, a căror înclinațiune nu trece de $\frac{3}{2}$.

3^o S'a înlocuit parapetul, printr'o grindă care dă rigiditate, cu tracțiune echilibrată, fiind destul de mlădioasă pentru a suporta, fără a să deforma eforturile datorite dilatațiunii, dar prezentând totuși, destulă rigiditate pentru a putea fi compoșată cu o grindă metalică articulată cu dublă rețea (diagonale întinse și montanți comprimați).

4^o În același ordin de idei, s'a înlocuit grinzișoarele de lem, suportând șoseaua, prin grinzi metalice care dând mai multă rigiditate uvrăgiului, permite a'l face mai durabil.

5^o Cablurile, cu secțiune mai mică, însă mai numeroase (cinci în mediu) pot să fie înlocuite, fără a întrerupe circulația: ele *sunt amovibile și să pot înlocui unul cu altul*, în cât combinând principiul *amovibilităței* cu o metodă de întreținere

prin rulment, cheltuelile anuale să reduc, devin aproape constante, și tablierul presintă o durată aproape nesfârșită cu toată garanția de siguranță.

Să amovează cablurile de culee și de fie-care pilă, legându-le cărucioare mobile de dilatațiune.

După aceste idei s'au construit sau s'au modificat o mulțime de poduri suspendate. Să pot cita podul de la Ilpize (1877) de 68^m deschidere; podul de la Lamalhe (1883) de 113^m deschidere; podul de la Tounag-Charente (1884) în trei travee de 90^m și 50^m etc.

În aceste poduri construite de D-l Arnodin stabilitatea este așa de mare că nu să constată nici o deformațiune, fie pe șosele, chiar când ele sunt pavate cu lem pe platforme de beton (podul de la Avignon), fie pe trotuare asfaltate (pout de Midi-Saône la Lyon).

Poduri transbordoare. Când voim, fără a jena navigațiunea maritimă, a face să treacă peste un canal sau peste un fluviu, un drum situat, aproape, la nivelul fluviului sau mării, să întrebuințeze în general fie un pod învêrtitor, fie un pod ridicător.

S'a căutat o soluțiune mai economică a acestei probleme în stabilirea de poduri suspendate rigide, la o înălțime destul de mare pentru a nu întrerupe navigațiunea maritimă. Aceste poduri servesc numai ca drumuri de rulment pentru transbordări, care sunt situate la nivelul cheurilor sau al căilor de deservit și suspendate prin cabluri metalice de un motor electric, circulând pe drumul de rulment. Ele să numesc *poduri transbordoare.*

Ast-fel D-nii Palaccio și Arnodin cu colaborațiunea D-lui Brüll au construit în 1893 podul-transbordărei de la Nervion în Spania, de 160^m deschidere, a cărui tablier e la 45^m deasupra apelor mari ale mării.

Asemenea poduri să mai construesc la Bizerte în Tunis și la Rouen.