

Asupra instrucțiunilor franceze relative la construcțiunile în beton armat.

Consiliul general de Poduri și Șosele din Franța a ales, în ședința sa dela 15 Martie 1906, o comisiune din sânul său compusă din D-nii Ingineri Inspectori-generalii *Maurice Lévy* ca președinte și raportor, *Préaudeau* și *Vétillart* ca membri, care să studieze și să întocmească un proiect de instrucțiuni și de circulară relativ la construcțiunile în beton armat.

Această comisiune a luat mai întâi avizul Comisiunii cimentului armat și mai ales a D-lui *Considère* raportorul său, a D-lui *Résal*, președintele său, precum și a D-lor *Mesnager* și *Rabut* membri, și a discutat cu ea contradictoriu toate articolele proiectului de regulament și de circulară pe care Comisiunea cimentului armat îl întocmise după patru ani de studii. După aceasta, comisiunea și-a formulat proiectul său de instrucțiuni și de circulară care a fost adoptat de Consiliu, și aprobat de Minister și care constituiesc astăzi în Franța normele aplicabile la întrebuițarea betonului armat în lucrările care depind de Ministerul de Lucrări Publice.

Instrucțiunile, sau circulara propriu zisă, sunt precedate de niște explicațiuni relative la datele de admis la pregătirea proiectelor și la calculele de rezistență și sunt urmate de raportul comisiunii numită de Consiliu pentru a prepara proiectul de instrucțiuni și de circulară.

La finele acestor rânduri vom da textul circularii franceze, care poartă data de 20 Octomvrie 1906.

Comisiunea numită de Consiliul de Poduri și Șosele a dat acestei circulari numele de „*Instrucțiuni*“ iar nu de „*Regulament*“, pentru a arăta că deși obligatorie, totuși ea are numai un caracter provizoriu, și că teoria împreună cu experiențele de pe șantier și din laboratorii vor putea să modifice vederile pe care comisiunea le-a avut actualmente asupra betonului armat și prin urmare să facă să se introducă modificări în prescripțiunile actuale.

Circulara ministerială franceză nu fixează, ca celelalte cir-

culări similare străine, cifre hotărâte pentru travaliul admisibil al ferului și betonului, ceiace va constitui în totdeauna o dificultate la facerea proiectelor. Aceste travaliuri sunt fixate în procente, pentru beton din rezistență la strivire a betonului nearmat de aceeași compoziție după 90 zile de priză, iar pentru fer în procente din limita sa aparentă de elasticitate (Streckgrenze, Yield-point).

În raport cu celelalte prescripțiuni străine relative la construcțiunile în beton armat, circulara franceză este caracterizată mai ales prin următoarele dispozițiuni :

1) Limitele travaliurilor admisibile pentru fer și beton care rezultă din aplicarea articolelor din circulară sunt cu mult mai ridicate decât cifrele similare admise de celelalte regulamente.

2) Ține seamă de legăturile transversale sau oblice ce există între armaturile longitudinale ale pieselor de beton armat, sporind travaliul admisibil al betonului la compresiune.

3) Admite un raport variabil între modulul de elasticitate al metalului și al betonului.

4) Prescrie a se ține seamă în calculele de deformațiune de rezistența betonului la întindere.

5) Prevede întrebuințarea betonului fretat.

Vom examina sumar fiecare din aceste inovațiuni.

Circulara franceză admite ca limită de travaliu a betonului armat 28% din rezistența la strivire a aceluiași beton nearmat, după 90 zile de priză, ceiace dă cifre cu mult mai ridicate ca cele admise de celelalte regulamente. Limita admisă de aceste din urmă regulamente ar corespunde, în genere, după cum arată Comisiunea franceză a cimentului armat, cu un sfert din rezistența la strivire a betonului nearmat de aceeași compoziție după 28 zile de priză.

Astfel Comisiunea franceză experimentând asupra unor betonuri compuse din 400 litri nisip, 800 litri pietriș, iar cimentul de Portland în proporțiuni respective de 300, 350 și 400 kilograme, a găsit respectiv, ca rezistență la strivire, cifrele următoare :

După 28 zile de priză :

107 kgr/cm², 120 kgr/cm², 133 kgr/cm².

După 90 zile de priză :

160 kgr/cm², 180 kgr/cm², 200 kgr/cm².

Dacă admitem ca limită de travaliu $\frac{1}{4}$ din primele cifre, găsim respectiv :

$$27 \text{ kgr/cm}^2, \quad 30 \text{ kgr/cm}^2, \quad 33 \text{ kgr/cm}^2.$$

Iar dacă admitem conform circularii franceze 0.28 din ultimile cifre, găsim respectiv :

$$44.8 \text{ kgr/cm}^2, \quad 50.4 \text{ kgr/cm}^2, \quad 56 \text{ kgr/cm}^2.$$

Aşa, după cum arată raportul Comisiunii numită de Consiliul general de Poduri și Șosele, acolo unde articolul 4 al circularii franceze ar admite ca limită de travaliu al betonului la compresiune 51 kgr/cm^2 , regulamentele elvețiene și germane n'ar admite decât 30 până la 35 kgr/cm^2 .

Mai mult, articolul 5 al circularii, ținând seamă de armaturile transversale sau oblice ce există între barele longitudinale ale pieselor de beton armat, permite de a mări încă cifrele date de articolul 4.

Comentariile ce procedează circulara, arată că spre a ține seamă de articolul 5 se pot spori cifrele date de articolul 4, înmulțindu-le cu factorul

$$1 + m' \frac{V'}{V}$$

în care V' e volumul armaturilor transversale sau oblice ; V volumul betonului pentru o aceeași lungime de priză, iar m' un coeficient variabil cu gradul de eficacitate al legăturilor transversale sau oblice stabilite între barele longitudinale.

Pentru legături transversale obișnuite, acest coeficient m' poate varia dela 8 până la 15; se va lua minimul 8 în caz când depărtarea dintre armaturile transversale este egală, sau mai mare ca cea mai mică dimensiune transversală a piesei, iar maximul 15 când această depărtare este de cel mult a treia parte din această dimensiune.

Când armaturile transversale consistă din niște spire mai mult sau mai puțin dese (béton fretté, eingeschnürten Beton), atunci coeficientul m' poate varia dela 15 până la 32 și anume se va lua minimul 15 când depărtarea fretelor ar fi $\frac{2}{5}$ din cea mai mică dimensiune transversală a piesei considerate și maximul de 32 când această depărtare ar fi $\frac{1}{5}$ din cea mai mică dimensiune transversală pentru un travaliu la compresiune longitudinală de 50 kgr/cm^2 , și $\frac{1}{8}$ din cea mai mică dimensiune

transversală pentru un travaliu la compresiune longitudinală de 100 kgr/cm².

Oricare ar fi însă procentul metalului și oricare ar fi valoarea coeficientului $1 + m' \frac{V'}{V}$, limita travaliului admisibil nu va putea să întrecă 0.60 din rezistența betonului nearmat de aceeași compozițiune după 90 zile de priză. Prin urmare dacă ținem seamă de legăturile transversale ale barelor, travaliul admisibil poate fi sporit în maximum în raportul de 0.60:0.28, adică poate fi de 2,14 ori mai mare ca travaliul admisibil la compresiune al betonului armat fără legături transversale.

Pentru metalul întrebuițat ca armături, limita de travaliu atât la întindere cât și la apăsare nu va putea întrece, conform art. 7, jumătate din limita sa aparentă de elasticitate. Pentru piesele însă care sunt supuse la lovituri sau la eforturi alternante, această limită va fi 0.40 din limita de elasticitate.

Articolul 8 prescrie apoi, că pentru piesele supuse la eforturi foarte variabile limitele de travaliu atât pentru beton cât și pentru metal vor putea fi scoborâte cu atât mai mult cu cât variațiunile vor fi mai mari, fără ca micșorarea cerută să poată fi mai mare de 25%. După acest din urmă articol, travaliul admisibil la compresiune a betonului, poate fi scoborât dela 0.28 și 0.60 până la 0.21 și 0.45 din rezistența sa la strivire, astfel precum e definită la articolul 4. Iar pentru fer travaliul admisibil la întindere și apăsare va putea fi scoborât deci până la 0.30 din limita sa aparentă de elasticitate.

După cum se vede dar, circulara franceză, pentru fer (ca și pentru beton) nu dă cifre determinate pentru travaliul admisibil al metalului, deosebindu-se în această privință de toate celelalte prescripțiuni similare străine, și îndepărtându-se de norma invariabil admisă pentru oțelul întrebuițat la construcțiuni de poduri, de a se fixa întotdeauna o limită superioară de rezistență. Același lucru ar fi trebuit prescris, zice Profesorul *F. Schüle* din Zürich, și pentru barele de fer ale construcțiunilor de beton armat, îndoite la cald sau la rece.

Pentru a rezuma mai bine cele spuse până aici în privința articolelor 4, 5, 6, 7 și 8 din circulara franceză, să vedem care ar fi, în cifre, travaliurile admisibile pentru cazurile ce le întâlnim în practică, spre ex. pentru o calitate de fer a cărei limită

aparentă de elasticitate (Streckgrenze) este 2600 până la 3200 kgr/cm², și pentru un beton a cărui rezistență la ruptură după 90 zile de priză ar fi de 160 până la 200 kgr/cm², cum sunt cele experimentate de Comisiunea franceză. Pe baza acestor date, obținem următoarele rezultate :

1) *Travaliul admisibil al ferului la întindere și apăsare* 0.50 din limita sa de elasticitate, adică 1300 până la 1600 kgr/cm²; iar când piesele sunt supuse la lovituri sau eforturi alternante 0.40 din limita de mai sus, adică 1040 până la 1280 kgr/cm². În fine când piesele sunt supuse la eforturi foarte variabile 0.30 din limita de mai sus, adică 780 până la 960 kgr/cm².

2) *Travaliul admisibil al betonului la compresiune* 0.28 din rezistența la strivire a betonului narmat de aceeași compoziție după 90 zile de priză, adică 44.8 până la 56 kgr/cm². Când piesele sunt supuse la lovituri sau eforturi variabile travaliul admisibil va fi 0.21 din rezistența de mai sus, adică 33.6 până la 42 kgr/cm². Dacă însă vom ține seamă și de armaturile transversale, travaliul la compresiune al betonului va putea fi 0.28 până la 0.60 din rezistența la strivire, adică 44,8—96 kgr/cm² până la 56—120 kgr./cm². Ultimele cifre vor trebui reduse cu 25% dacă ne vom afla în cazul art. 8, ceiace ne va da 33.6—72 kgr/cm² până la 42—90 kgr/cm².

3) *Travaliul admisibil al betonului la forfecare, precum și aderența admisibilă a betonului de metalul armaturilor* 0,10 din travaliul admisibil al betonului la compresiune (sau 0,028 din rezistența sa la strivire), adică 4,5 până la 5,6 kgr/cm²; iar când piesele vor fi supuse la eforturi foarte variabile, aceste travaliuri vor fi (reducându-le cu 25%) 3.4 până la 4.2 kgr/cm².

Acestea sunt travaliurile admisibile care s'ar deduce în mod logic, zice D-l F. Schüle, din circulara franceză. Ele sunt cu mult mai ridicate decât cifrele similare admise de regulamentul prusian și elvețian. Aceste cifre au fost admise, întru ceiace privește betonul, după insistențele Comisiunii cimentului armat și a reprezentanților industriei care făceau parte din această comisiune. Aceasta de sigur pentru a face ca construcțiunile în beton armat să fie cât mai des întrebuintate, iar consumația cimentului cât mai mare.

Travaliurile date de prescripțiunile elvețiene și germane n'ar fi trebuit ridicate, după Profesorul F. Schüle, căci cerce-

tările științifice făcute în ultimii ani asupra betonului armat se opun la o asemenea ridicare; iar accidentele la astfel de construcțiuni vor fi de sigur mai de temut în cazul sporirii travaliurilor.

Insuși textul instrucțiunilor franceze lasă să se intervadă această teamă, căci iată ce citim la pag. 4:

«Industria privată care în Franța, mai mult de cât în altă parte, se ține de percepțele administrative, chiar pentru construcțiunile private, are de câștigat din îndrăzneala prescripțiunilor articolului 4, pe care ea îl va aplică de altmintrelea supt responsabilitatea sa.

«Inginerii statului nu sunt ținuți a merge până la limita extremă pe care le-o permite regulamentul. Ei pot să se ție supt dânsa. Ei trebuie să și reamintească de altfel că siguranța unui uvrăgiu în beton armat nu este asigurată, ori care ar fi limitele de travaliu adoptate în calcule, decât prin perfecțiunea materialelor întrebuințate, dozagiul lor matematic și prin îngrijirea pusă la întrebuințarea lor. Supravegherea trebuie deci să fie mai strictă pentru uvragele de beton armat decât pentru cele pe care ei le construiesc de obicei».

Considerațiunile din ultimile rânduri, mai sus citate, vor face că autorii proiectelor construcțiunilor de beton armat să fie puși, în caz de accidente, la adăpost de faptul admiterii unor limite de travaluri prea mari, iar accidentele să fie puse pe seama constructorilor sau antreprenorilor lucrărilor.

Evident că scopul ori cărui regulament este de a evita accidentele și acest scop va fi cu atât mai bine atins cu cât nu vom face prea multă economie asupra materialelor întrebuințate și nu vom merge până la limita extremă permisă de regulament. Reaua executare a lucrărilor sau proasta calitate a materialelor vor prezentă în acest caz un pericol mai mic.

Chiar comisiunea numită de Consiliul general de poduri și șosele, n'a fost se vede prea convinsă de argumentele aduse de Comisiunea cimentului armat și de reprezentanții industriei pentru a adopta o limită de travaliu așa de ridicată și a căutat să mai atenueze cifrele date de articolele 4 și 5, introducând în calculele de rezistență niște date care să fie de natură a ne asigura în această privință.

Comisiunea franceză a fost condusă astfel să facă o nouă

inovațiune adoptând o valoare variabilă pentru numărul m ce se introduce în calculele de rezistență pentru a exprima echivalența între două secțiuni egale de fer și beton.

Teoreticește acest număr m ar fi raportul între modulele de elasticitate al metalului și al betonului. Cei mai mulți dintre autori admit pentru m o valoare fixă, care de preferință este luată egală cu 15. Circulara franceză zice că se atribue astfel, fără îndoială, în multe cazuri, metalului o parte de rezistență superioară și betonului o parte de rezistență inferioară celor ce se produc în realitate, de unde ar urmă că compresiunea betonului ar putea să fie de fapt mai mare decât cea presupusă de calcule.

Circulara franceză fixează valoarea lui m după modul dispozițiunii armaturilor longitudinale și transversale și admite că numărul m poate varia, după dispozițiunile acestor armaturi, între un minimum de 8 și un maximum de 15. Minimumul se ia când barele longitudinale au un diametru egal cu $\frac{1}{10}$ din cea mai mică dimensiune transversală a piesei, iar armaturile transversale sunt și ele îndepărtate una de alta tot cu această dimensiune. Maximumul se aplică când diametrul barelor longitudinale nu va fi decât $\frac{1}{20}$ parte din cea mai mică dimensiune a piesei, iar depărtarea armaturilor transversale a treia parte din această dimensiune.

Comisiunea după ce expune considerațiile care au determinat-o să adopte un coeficient m variabil, termină zicând că se apropie astfel mai mult de realitate: «obținând un coeficient de siguranță mai constatat decât în ipoteza constanței lui m , *ceia ce micșorează sensibil pericolul ce ar putea să rezulte din travaliul admisibil ridicat adoptat de articolele 4 și 5*».

Observațiunile D-lui *F. Schüle* asupra circularii franceze făcute într'un articol al său din revista „*Schweizerische Bauzeitung*“ Vol. II, Nr. 3 din 19 Ianuarie 1907 și la care se referă citațiile de mai sus, au provocat un răspuns al D-lui *Considère* și o întâmpinare a D-lui *F. Schüle*, publicate ambele în Vol. II, Nr. 10 din 9 Martie 1907 al aceleiași reviste.

Iată pasagiul din răspunsul D-lui *Considère* care se raportează la travaliurile admisibile:

«Instrucțiunile ministeriale franceze autoriză pe ingineri a impune armaturilor tensiuni egale cu jumătate din limita de

«elasticitate a metalului, dar articolul 7 precizează că este «vorba de limita de elasticitate definită în deviz, care trebuie «să fie conformă cu indicațiunile Regulamentului din 29 August «1891 pentru podurile metalice. Astfel limita de tensiune care «este interzisă inginerilor de a o întrece, afară numai dacă nu «dau indicațiuni precise, este cea de 1200 kgr/cm², care este «în mod expres indicată în propunerile Comisiunii cimentu- «lui armat.

«O observație analoagă trebuie făcută pentru beton. Ad- «ministrațiunea n'ar autoriză pe ingineri să admită pentru be- «tonul dozat cu 300 kgr. o rezistență mai mare de 160 kgr/cm² «și o presiune de travaliu care ar întrece 45 kgr/cm². Sunt 10 «kgr. mai mult de cât autoriză normele elvețiene, dar în schimb, «pentru transformarea în beton, secțiunea barelor longitudinale «comprimate trebuie să fie înmulțită cu 20 după normele elve- «țiene, în timp ce, după instrucțiunile franceze, ea trebuie să fie «înmulțită cu o cifră care variază dela 8 la 15, după cum dis- «pozițiunile armaturilor sunt mai mult sau mai puțin capabile «de a face să producă în metal maximumul de efect util.

«Rezultă de aici că instrucțiunile franceze sunt mai libe- «rale decât normele elvețiene pentru coloanele puțin și judi- «cios armate și că ele sunt mai severe pentru coloanele armate «cu bare groase și rău antretoazate.

«Numeroasele experiențe relatate în raportul Comisiunii «cimentului armat demonstrează că noile instrucțiuni sunt de «acord cu faptele, și că coeficientul de echivalență 20 ar fi în «genere prea mare.

«In ceia ce privește limitele impuse presiunii în grinzile «supuse la încovoiere, orice comparație este zadarnică dacă ea «nu este lămurită prin examinarea procedurilor de calcul al «eforturilor. Pentru a stabili, comparația, ajunge a observă că «suntem conduși a da aproape exact aceleași dimensiuni grinzi- «lor, care conțin oare-care procente de metal, dacă conform «normelor elvețiene am admite limita de presiune de 35 kgr/cm² «cu coeficientul de echivalență 20, sau dacă, după instrucțiunile «franceze am admite limita de 45 kgr/cm² și am reduce la 10 «coeficientul de echivalență».

După cum se vede, în răspunsul său D-1 *Considère* men- ține pentru compresiunea betonului cifrele deduse din circulară.

Pentru metal însă, travaliurile admisibile deduse în mod logic din circulară, sunt micșorate printr'o interpretare restrictivă a acesteia.

Pentru metal va trebui să interpretăm circulara în sensul indicat de D-nul *Considère*. Luând atunci ca limită de travaliu pentru metal 1.2 t/cm^2 , iar pentru betonul de 300 kgr. la metru cub 45 kgr/cm^2 și dacă ținem seamă și de diferențele în metodele de calcul, ajungem după circulara franceză la rezultate care se apropie foarte mult de cele date de normele elvețiene sau prusiene.

În ceiace privește întrebuințarea betonului fretat, el poate aduce în unele cazuri mari servicii, dar D-nul *Schüle* se întrebă dacă din punctul de vedere practic, este un avantaj serios pentru construcția coloanelor sau stâlpilor de a micșora cantitatea materialelor necesare pentru a ajunge la întrebuințarea unor coloane ușoare (lungi și subțiri) lucrând la 100 kgr./cm^2 ?

Ar fi de dorit, zice el, ca întrebuințarea armaturii fretate să se generalize pentru coloanele sau stâlpii de beton armat, lăsând însă o largă margine de siguranță, după cum se face la podurile metalice pentru montanții de pe reazime.

Experiențele făcute de D-nul Inspector general *Considère* asupra betonului fretat au ajuns la stabilirea următoarelor rezultate, indicate în răspunsul său :

1) În mediu, un kilogram de metal a dat de 3 ori mai multă rezistență în coloanele fretate decât în coloanele armate cu bare longitudinale antretoazate, chiar și în acele la care raportul dintre lungime și diametru se apropie de 20, ceiace ne asigură în privința flambagiului.

2) La grinzile continue momentele încovoetoare care se produc deasupra reazimelor fac să desvolte în fibrele inferioare ale nervurilor niște presiuni foarte mari. Dacă nu întrebuințăm fretagiul nu putem menține aceste presiuni în limitele autorizate de normele elvețiene și chiar și de instrucțiunile franceze, decât mărinđ cu mult secțiunea nervurii și cheltueala și micșorând procentul (le pourcentage) metalului.

3) Fără ajutorul fretagiului este imposibil de se a execută bolți sau arcuri nearticulate pleoștite cu mai mult de $1/9$ fără să se desvolte presiuni mai mari decât cele autorizate de re-

gulamentele cele mai liberale, ori care ar fi procentul metalului încorporat în beton.

În multe cazuri am putea să recurgem în mod avantajos la tripla articulație, dar în altele, arcurile continue prezintă avantaje la care nu putem renunța.

4) Superioritatea pe care betonul fretat o are în construcțiunea grinzilor și arcurilor continue rezultă din legile deformații sale. Pentru a preveni inconvenientele care ar putea să rezulte din aceste legi în ceiace privește flambagiul, e destul să îndeplinim în compunerea armaturii niște condițiuni bine formulate.

5) Betonul fretat posedă o astfel de ductilitate în cât rup-tura sa n'ar putea să rezulte nici odată din deformațiunile cele mai mari care pot să se producă în construcțiuni ¹⁾.

Explicațiunile ce însoțesc instrucțiunile franceze se termină prin niște observații relative la calculul planșeurilor formate din dale cu nervuri (hourdis avec nervures, Plattenbalken) și la calculul pieselor supuse la flambagiu.

Pentru un planșeu format din dale cu nevruri, instrucțiunile prescriu că lărgimea b de dală ce se presupune că e suportată de o nervură nu trebuie să fie mai mare de cât a treia parte din deschiderea l a nervurii nici ca $\frac{3}{4}$ din depărtarea L a nervurilor.

Când planșeul are de suportat sarcini izolate, concentrate între două nervuri, el va trebui să fie prevăzut cu două serii de bare longitudinale, perpendiculare una pe alta, iar armaturile cele mai slabe să aibă, pe metru de lărgime, o secțiune totală cel puțin egală cu jumătate din secțiunea totală a armaturilor celor mai tari. Explicațiunile arată apoi modul cum trebuie calculat planșeul în acest caz, înlocuind sarcina izolată prin alta uniform repartizată. Toate aceste date însă sunt empirice.

Când la calculul unei coloane va trebui a se ține seamă de flambagiu, se recomandă formula lui *Rankine* care, în cazul unei coloane de mare lungime, după datele admise de circulară

¹⁾ Toate aceste propozițiuni sunt demonstrate de D-nul *Considère* în broșura: «*Le béton fretté et ses applications*» (Librairie Dunod et Pinat).

dă aceleași rezultate ca și formula lui *Euler* când luăm un coeficient de siguranță egal cu 4.

Explicațiile ce precedează circulara se termină reamintind încă odată că betonul armat nu are valoare decât prin perfecțiunea executării sale. Va trebui deci să exercităm o supraveghere cu totul specială asupra provenienței, purității materialelor, dozagiului lor, asupra apei întrebuințate la pregătirea betonului, burării sale dealungul armaturilor, etc.

În ce privește încercările se prevede că uneori ele pot fi simplificate; nu trebuie însă să facem economii care ar putea periclita siguranța publică.

V. Cristescu.

Inginer-Şef.

Instrucțiunile franceze relative la întrebuințarea betonului armat

(Circulara ministerială franceză din 20 Octomvrie 1906).

I. Date de admis la pregătirea proiectelor.

A. *Încărcări.*

Art. 1. Podurile de beton armat vor fi construite astfel ca să poată suportă încărcările verticale și acțiunile vântului impuse prin regulamentul din 29 August 1891 pentru podurile metalice cu aceeași destinațiune.

Art. 2. Fermele de beton armat vor fi supuse din punctul de vedere al sarcinilor, afară de excepții justificate, regulamentul din 17 Fevruarie 1903 relativ la halele metalice ale drumurilor de fer.

Art. 3. Planșeurile și alte părți ale clădirilor, zidurile de susținere, zidurile rezervoriilor, conductele supt presiune și orice alte uvrage care interesează siguranța publică vor fi calculate în vederea celor mai mari încărcări ce vor avea de suportat în serviciu.

B. *Limite de travaliu sau de oboseală.*

Art. 4. Limita de oboseală la compresiune a betonului armat admisă în calculele de rezistență nu va trebui să întrecă