

105 ANI DE LA PUBLICAREA ÎN ROMÂNIA A PRIMULUI TRATAT DE CALCUL PENTRU ELEMENTELE DE BETON ARMAT

George M. CROITORU¹

george.croitoru70@gmail.com

Abstract: Reinforced concrete is introduced in Romania since the end of the 19th century by Professor Anghel Saligny (1854 ÷ 1925), the most important personality in the history of the Romanian civil engineering.

The one who introduces the study of reinforced concrete, through lessons and projects, at the National School of Bridges and Roads in Bucharest, is Professor Ion Ionescu (1870 ÷ 1946).

Professor Ion Ionescu publish the book *Reinforced concrete. Elementary exposure of construction rules and calculation principles* in May 1915. This is the first book published in the Romanian technical literature which presents material characteristics, execution, quality control, guidelines for structural calculation and examples of calculations for reinforced concrete elements.

This technical book has a major historical importance and is a fundamental reference for the evolution and development of the study of reinforced concrete in Romania.

Keywords: reinforced concrete, construction rules, calculation, beams, bending, columns, compression.

Rezumat: Betonul armat este introdus în România încă de la sfârșitul secolului al XIX-lea de profesorul Anghel Saligny (1854 ÷ 1925), cea mai importantă personalitate din istoria ingineriei civile românești.

Cel care introduce studiul betonului armat, prin lecții și proiecte, la Școala Națională de Poduri și Șosele din București, este profesorul Ion Ionescu (1870 ÷ 1946).

Profesorul Ion Ionescu publică volumul *Betonul armat. Expunerea elementară a regulilor de construcție și a principiilor de calcul* în mai 1915. Aceasta este prima carte publicată în literatura română tehnică ce prezintă caracteristicile materialelor, execuția, controlul calității, liniile directoare pentru calculul structural și exemple de calcul pentru elementele de beton armat.

Această carte tehnică are o importanță istorică majoră și este o referință fundamentală pentru evoluția și dezvoltarea studiului betonului armat în România.

Cuvinte-cheie: beton armat, reguli de construcție, calcul, grinzi, încovoiere, stâlpi, compresiune.

CUPRINS

1. Apariția și publicarea la nivel internațional a primelor norme privind modul de calcul și regulile de construcție pentru elementele de beton armat
 2. Profesorul Ion Ionescu, inițiator al introducerii studiului betonului armat la Școala Națională de Poduri și Șosele din București
 3. Premieră în literatura tehnică din România, prin publicarea în anul 1915 a lucrării *Beton armat. Expunere elementară a regulilor de construcție și a principiilor de calcul*, elaborată de profesorul Ion Ionescu
 4. Concluzii
- Bibliografie

¹ Dr. ing., Divizia de Istoria Tehnicii, Comitetul Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii.

1. Apariția și publicarea la nivel internațional a primelor norme privind modul de calcul și regulile de construcție pentru elementele de beton armat

La sfârșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea betonul armat parcurge o primă etapă din istoria utilizării sale ca material nou de construcție, marcată de suspiciune și chiar neîncredere datorită absenței unei baze teoretice reale, a unor norme de calcul, cercetări și încercări care să-i evidențieze caracteristicile tehnice și să-i probeze performanțele și avantajele.

Este perioada în care, la nivel internațional, specialiștii epocii propun, elaborează și aplică diverse teorii și metode de calcul², însă un mod oficial de calcul al elementelor de beton armat nu este încă reglementat prin norme specifice naționale.

Primele norme prin care se încearcă reglementarea modului de calcul, de conformare, de construcție și de încercări pentru elementele de beton armat, încep să fie publicate, în principalele state avansate din punct de vedere științific și tehnologic, încă de la începutul secolului al XX-lea.

Astfel, din perspectivă cronologică, primele norme referitoare la elementele de beton armat se publică întâi în Elveția și la foarte scurt timp, în același an, în Germania, fiind urmate, la intervale scurte, de norme similare în alte țări din Europa sau Statele Unite ale Americii.

Norma elvețiană *Provisorische Normen für die Projektierung, Ausführung und Kontrolle von Bauten in armiertem Beton*^{3,4} este elaborată de Societatea Inginerilor și Arhitecților Elvețieni și apare la 2 ianuarie 1904, fiind completată în 19 martie 1904. Este structurată în șase capitole ce cuprind 19 articole și prezintă dispozițiile generale (I), elementele de bază pentru calculul static (II), caracteristicile tehnice ale materialelor (III), reguli privind execuția lucrărilor (IV) și efectuarea modului de control al execuției la preluarea construcției (V).

Norma germană *Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten*⁵ este publicată de Ministerul Lucrărilor Publice la 16 aprilie 1904, fiind structurată în trei mari capitole, cu un total de 11 subcapitole. Acestea prezintă dispozițiile generale (I), elementele teoretice de bază pentru calculul static (II) și metode de calcul cu 7 exemple (III).

Noua ediție a normei germane, care se publică la 24 mai 1907, este îmbunătățită și mult mai extinsă. Are structura ediției precedente, fiind dezvoltată semnificativ partea de calcul (III) ce deține aproximativ două treimi din integralitatea lucrării (cu prezentare teoretică amplă și 10 exemple).

Norma franceză *Les instructions relatives à l'emploi du béton armé*⁶ este elaborată de un grup de specialiști (din care fac parte experți consacrați în domeniul betonului armat, precum François Hennebique și Armand Considère), ce alcătuiesc *Commission du ciment armé* din cadrul Ministerului Lucrărilor Publice. Această normă este publicată la 20 octombrie 1906, este structurată în patru capitole ce cuprind 25 articole și prezintă cerințele privind elaborarea proiectelor (I), calculul de rezistență (II), reguli privind execuția lucrărilor (III) și încercările materialelor (IV).

² Dintre lucrările importante apărute în această perioadă, amintim: M. Koenen, *Das system Monier, in seine Anwendung* (1887), P. Christophe, *Le béton armé et ses applications* (1899), E. Mörsh, *Der Eisenbetonbau* (1902), R. Salinger, *Der Eisenbetonbau, seine Berechnung* (1906), conform Emil Prager, *Betonul armat în România*, Editura Tehnică, București, 1979, p. 184.

³ Schweizerischer Ingenieur und Architekten Verein, "Provisorische Normen für die Projektierung, Ausführung und Kontrolle von Bauten in armiertem Beton", *Schweizerische Bauzeitung*, 43 (1), 1904, pp. 15-16.

⁴ Schweizerischer Ingenieur und Architekten Verein, *op. cit.*, 43 (12), 1904, pp. 150-152.

⁵ Minister der öffentlichen Arbeiten, *Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten*, Berlin, 16 April 1904.

⁶ Ministère de Travaux Publics des Postes et des Télégraphes, *Commission du Ciment Armé, Expériences, Rapports & Propositions. Instructions Ministérielles relatives à l'emploi du Béton Armé*, H. Dunod et. E. Pinat Éditeurs, Paris, 1907, pp. 464-469.

Norma italiană *Prescrizioni normali per l'esecuzione delle opere in cemento armato*⁷ este publicată de Ministerul Lucrărilor Publice la 10 ianuarie 1907, fiind structurată în cinci capitole ce cuprind 27 de articole. Acestea prezintă dispozițiile generale (I), date privind caracteristicile tehnice ale materialelor (II), reguli privind execuția lucrărilor (III), încercările materialelor (IV) și elemente consistente ca informație referitoare la calculul static (V).

Tot în această perioadă sunt publicate norme cu tematică similară și în Austria (1907), Rusia (condiții tehnice pentru construcțiile de beton armat, 1908), Ungaria (1909) și Suedia (1910).

În Statele Unite ale Americii, prima normă cunoscută este *Building Regulations for the Use of Reinforced Concrete*, publicată în februarie 1910.

În anul 1911 sunt publicate norme cu aceeași tematică în Marea Britanie și în Rusia, prin completarea ediției din anul 1908 cu o anexă referitoare la calculul construcțiilor de beton armat.

Norma olandeză *Gewapend Beton Voorschriften*⁸, este adoptată la 23 martie 1912 de Institutul Regal al Inginerilor și este structurată în patru capitole ce cuprind 26 de articole. După prezentarea dispozițiilor generale, capitolele acesteia enumeră caracteristicile tehnice ale materialelor (I) și, într-o manieră extinsă ca informație, cerințele de performanță (II) și elementele de calcul (III).

2. Profesorul Ion Ionescu, inițiator al introducerii studiului betonului armat la Școala Națională de Poduri și Șosele din București

Primele informații la nivel didactic referitoare la prezentarea betonului armat ca nou material de construcție și folosirea acestuia pentru execuția unor elemente structurale, le oferă profesorul Anghel Saligny (1854 ÷ 1925) în cadrul cursului de *Poduri* de la Școala Națională de Poduri și Șosele din București. Betonul armat este prezentat la nivelul cunoștințelor epocii ca un material nou, complementar celor existente, dar fără a i se acorda un interes deosebit⁹.

Dacă profesorul Anghel Saligny este cel care introduce betonul armat în România, fiind și autorul unor inovații majore la nivel internațional¹⁰, profesorul Ion Ionescu (1870 ÷ 1946) este inițiatorul introducerii studiului betonului armat la Școala Națională de Poduri și Șosele din București, iar anul 1903 reprezintă referința față de care se raportează evoluția ulterioară a evenimentelor în această direcție.

În anul 1902 profesorul Ion Ionescu este suplinitor¹¹ la cursul de *Poduri*, al cărui titular este profesorul Anghel Saligny și, în acest context, prezintă studenților informații despre execuția unor poduri europene importante cu structura de rezistență din beton armat. Interesul studenților este major, aceștia solicitând organizarea unei conferințe de prezentare a modului de calcul a acestui nou tip de structură.

⁷ Ministero dei Lavori Pubblici, *Prescrizioni normali per l'esecuzione delle opere in cemento armato*, Gazzeta Ufficiale del Regno d'Italia, Roma, 10 Gennaio 1907, pp. 596-599.

⁸ *Gewapend Beton Voorschriften*, vastgesteld in de Vergadering der Afdeeling vor Bouw en Waterbouwkunde van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs van 23 Maart 1912. [https://www.vub.be/arch/backyard/gallery/projects/concreteregulations/NL_1912.pdf] [14 mai 2020].

⁹ Emil Prager, *op. cit.*, p. 71.

¹⁰ Utilizează pentru prima dată în Europa betonul armat ca nou material de construcție la execuția silozurilor de cereale din orașele Brăila (1886 ÷ 1888) și Galați (1886 ÷ 1889) și introduce, în premieră la nivel mondial, procedeul prefabricării pentru pereții celulelor silozurilor și mecanizarea la montaj.

¹¹ Ion Ionescu este cadru didactic la Școala Națională de Poduri și Șosele din București începând cu anul 1902 când este numit profesor la catedra de *Lucrări de statică, grafică, rezistența materialelor și proiecte de poduri*. Periodic, este solicitat de profesorul Anghel Saligny pentru a-l suplini la susținerea cursului de *Poduri*. Este numit oficial suplinitor la catedra de Poduri în anul 1912. Devine profesor titular la catedra de Poduri după demisia profesorului Anghel Saligny din 1 octombrie 1914 (conform Cristea Mateescu, *Ion Ionescu*, Editura Științifică, București, 1966, pp. 32-35).

După o documentare privind teoriile și metodele de calcul existente în acel moment, în martie 1903, profesorul Ion Ionescu prezintă studenților Școlii Naționale de Poduri și Șosele conferința intitulată *Calculul betonului armat după metoda lui Matthias Koenen* în care explică modul prin care se pot calcula secțiunile elementelor de beton armat.

Conferința susținută de profesorul Ion Ionescu în martie 1903 este considerată ca fiind prima lecție specială de beton armat prezentată în România¹².

Metoda de calcul a inginerului Matthias Koenen (1849 ÷ 1924) are titlul *Grundzüge für die statische Berechnung der Beton-und Eisenbetonbauten (Principii de bază pentru calculul static al structurilor de beton și beton armat)*, este prezentată și publicată în anul 1902¹³ și reeditată în volum¹⁴ în anul 1906, fiind cel mai bine apreciată și recomandată de profesorul Ion Ionescu pentru că reprezenta una dintre cele mai practice modalități de abordare și folosire a calculului betonului armat, comparativ cu alte metode existente, foarte complexe și dificil de aplicat.

Această metodă de calcul va beneficia de recunoaștere internațională, fiind inclusă în prima normă germană pentru calculul betonului armat, *Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten (Prevederi pentru executarea construcțiilor din beton armat)*.

După susținerea conferinței din martie 1903, introducerea studiului betonului armat la Școala Națională de Poduri și Șosele din București, parcurge mai multe etape¹⁵.

În anul 1903 trei dintre studenții școlii din anul III elaborează proiectele de poduri folosind betonul armat, însă experimentul nu va mai continua și în anul următor.

Începând cu anul 1904, în urma recomandării profesorului Anghel Saligny, se introduc oficial lecții de *Beton armat* susținute de profesorul Ion Ionescu în cadrul cursurilor de *Poduri și Rezistența materialelor*. Lecțiile cuprind doar partea teoretică, fără a se preda și partea de calcul. În acest moment încă nu există un proiect obligatoriu de beton armat în programa școlară, acesta fiind introdus în anul IV de studiu, începând cu anul 1910.

Între timp, specialiștii români ai epocii încep să prezinte și să propună diverse metode și teorii pentru calculul elementelor de beton armat, traduse din norme străine sau variante proprii¹⁶.

Consiliul profesoral al Școlii Naționale de Poduri și Șosele admite propunerea ca, începând cu anul 1914, să se introducă oficial un singur curs de *Beton armat*, prin includerea informațiilor prezentate disparat la lecțiile din cadrul cursurilor de *Poduri și Rezistența materialelor*.

Profesorul Ion Ionescu este însărcinat cu întocmirea programei de studiu și predarea cursului de *Beton armat*, prevăzut a avea 30 de lecții săptămânale și un proiect final de beton armat.

¹² Ion Ionescu, "Betonul armat la noi în țară", *Natura*, 9 (3), București, 1914, pp. 197-206.

¹³ Mattias Koenen, "Grundzüge für die statische Berechnung der Beton-und Eisenbetonbauten", *Zentralblatt der Bauverwaltung*, 22 (38), Berlin, 10 mai 1902, pp. 229-234.

¹⁴ Mattias Koenen, *Grundzüge für die statische Berechnung der Beton-und Eisenbetonbauten*, Verlag von Wilhelm Ernst&Sohn, Berlin, 1906.

¹⁵ Ion Ionescu, *op. cit.*, pp. 197-206.

¹⁶ Dintre autorii și studiile importante apărute în această perioadă, amintim: Gogu Constantinescu (*Studiu asupra betonului armat*, 1905, *Calculul bolților nearticulate*, după Müller-Breslau, 1905, *Elemente de teoria și aplicațiunile cimentului armat*, 1906), Ion Ionescu (*Calculul plăcilor de beton armat*, 1907), Gheorghe Emanoil Filipescu (*Calculul unui cadru*, 1909, *Formule pentru calculul betonului armat*, 1911), conform Dorina Rusu, *Membrii Academiei Române 1866 ÷ 2003. Dicționar*, ediția a III-a, Editura Enciclopedică / Editura Academiei Române, București, 2003, pp. 210, 310, 402.

3. Premieră în literatura tehnică din România, prin publicarea în anul 1915 a lucrării *Beton armat. Expunere elementară a regulilor de construcțiune și a principiilor de calcul*, elaborată de profesorul Ion Ionescu¹⁷

Contextul în care apare solicitarea redactării unei asemenea lucrări este, în aparență, inedit, însă exemplifică pe deplin dorința de dezvoltare a nivelului tehnic și științific, existente în elita intelectualității tehnice din societatea românească antebelică.

Astfel, în martie 1914, profesorul Ion Ionescu este ofițer în rezervă al Batalionului de Căi Ferate, concentrat pentru pregătire militară. Comandantul unității, locotenent-colonel Ioan Macri¹⁸, adresează o solicitare ofițerilor în rezervă cu mai mare experiență și expertiză profesională pentru pregătirea unor conferințe în care să fie abordate teme din ramura specialității fiecăruia, care să fie prezentate celorlalți ofițeri. În acest context, profesorul Ion Ionescu primește sarcina elaborării unei expuneri privind regulile de construcție și principiile de calcul ale betonului armat, sarcină pe care o va onora prin finalizare la termenul stabilit.

În aceeași perioadă, profesorul Ion Ionescu, membru fondator al Revistei *Gazeta Matematică*¹⁹ și membru activ al nou-înființatei Societăți *Gazeta Matematică*, primește invitația de a fi primul autor publicat cu o carte de specialitate în noua colecție Biblioteca tehnică a Societății *Gazeta Matematică*, folosind recent constituitul Fond Anghel Saligny.

Profesorul Ion Ionescu propune pentru publicare manuscrisul referitor la regulile de construcție și principiile de calcul ale betonului armat, iar comisia de specialitate a Societății *Gazeta Matematică*²⁰, din care fac parte inginerii Ioan Vardala, Gheorghe Emanoil Filipescu și Ștefan Mirea, constituită conform regulilor Fondului Anghel Saligny, sesizează importanța majoră pentru mediul ingineresc din România a acestei lucrări și acordă avizul favorabil pentru publicare.

Solicitarea comisiei este ca volumul să fie elaborat într-o structură mai complexă, apropiată tratatelor publicate deja în statele europene avansate științific, prin extinderea părții teoretice cu explicații, prin introducerea unor tabele numerice și exemple practice pentru utilizarea lor.

Este momentul în care autorul desfășoară un program intens de documentare și acumulare de informații din studiul normelor de specialitate publicate în unele state europene. Dintre acestea, sunt preferate normele austriece (pentru partea referitoare la calitatea materialelor și execuția lucrărilor de beton armat) și normele germane (pentru partea de calcul), apreciate ca fiind mai recente și bazate pe studii și încercări mai numeroase.

Pentru elaborarea lucrării, complementar studiului și analizării normelor de calcul existente, profesorul Ion Ionescu se bazează și pe experiența sa de proiectant, unde, printre altele, realizează proiectarea primului cheson de beton armat²¹ folosit pentru fundația unui pod din România (podul peste Canalul Sf. Gheorghe din Giurgiu, 1904 ÷ 1905).

¹⁷ Ion Ionescu, *Beton armat. Expunere elementară a regulilor de construcțiune și a principiilor de calcul*, Tipografia Curții Regale, București, 1915.

¹⁸ Devenit ulterior comandant al Brigăzii 11 Infanterie, cu gradul de general de brigadă.

¹⁹ Inginerul Ion Ionescu este unul dintre membrii fondatori ai Revistei *Gazeta Matematică* (4 octombrie 1894), al cărei prim număr apare la 15 septembrie 1895, conform Societății de Științe matematice din România. *Gazeta Matematică*, Mircea Trifu, *Fenomenul Gazeta matematică la 110 ani. O (posibilă) istorie despre fapte și oameni*.

[<http://www.gazetamatematica.net/?q=node/26>] [19 Mai 2020]

²⁰ Societatea *Gazeta Matematică* (vechea redacție a *Gazetei Matematice*) își începe activitatea la 1 septembrie 1909, conform Societății de Științe matematice din România. *Gazeta Matematică*, Mircea Trifu, *op. cit.*,

[<http://www.gazetamatematica.net/?q=node/26>] [19 Mai 2020]

²¹ Chesonul de beton armat are dimensiunile în plan de 4,50-m × 17,00-m și înălțimea liberă a camerei de lucru de 2,00-m. Pereții perimetrali sunt masivi și au grosime variabilă pe înălțime - 20-cm la bază și 80-cm la partea superioară. Dala planșeului are grosimea de 23-cm și descarcă pe nervuri transversale de beton armat cu secțiunea de 20-cm × 41-cm,

Beneficiind și de sprijinul unor asistenți ai săi de la Școala Națională de Poduri și Șosele, inginerii Gheorghe Emanoil Filipescu²² și Ion A. Beleș²³, profesorul Ion Ionescu finalizează lucrarea *Beton armat. Expunere elementară a regulilor de construcțiune și a principiilor de calcul*, care se publică în numărul inaugural al seriei Biblioteca tehnică a Societății Gazeta Matematică, în mai 1915, din Fondul Anghel Saligny. Acesta este primul volum, care tratează aspectele teoretice și modul de calcul al elementelor de beton armat, publicat în literatura română tehnică.

Profesorul Ion Ionescu mărturisește în prefața cărții că [...] *am putut da literaturii noastre tehnice această expunere, mult mai complectă și mai extinsă de cât îmi propusesem la început: rămâne ca timpul să arate dacă ea își va atinge scopul urmărit de mine și de Comisiunea care a hotărât ca printr'înșă să se înceapă prima Bibliotecă tehnică la noi în țară* [...] iar în prima pagină adresează o emoționantă dedicație: *Fostului meu Profesor și Director de serviciu, Domnului Inginer Inspector general Anghel Saligny, Introducătorul betonului armat în România, dedic această expunere elementară cu care se deschide Biblioteca tehnică a Gazetei Matematice, în semn de deosebită recunoștință și admirațiune.*

Volumul, prezentat în Fig. 1, este organizat într-o manieră similară tratatelor și manualelor clasice, are un total de 172 de pagini și cuprinde informațiile preliminare *Prefață, Notățiuni și Tabla de materie* (16 pagini) și trei părți principale: *Alcătuirea betonului armat* (16 pagini), *Proiectarea construcțiilor de beton armat* (112 pagini) și *Tabele numerice* (15 tabele și 28 de pagini).



Fig. 1. *Beton armat. Expunere elementară a regulilor de construcțiune și a principiilor de calcul*, prima lucrare din literatura română tehnică ce tratează modul de calcul al elementelor de beton armat (1915).

dispuse la o distanță interax de 1,75-m (conform Gheorghe Popescu, "Lucrări în Portul Giurgiu și pe șenalul Dunărei pentru îmbunătățirea navigațiunei", *Buletinul Societății Politehnice*, 26 (4), București, 1910, p. 142).

²² Gheorghe Emanoil Filipescu (1882 ÷ 1937) este absolvent al Școlii Naționale de Poduri și Șosele din București în anul 1907. Începând cu anul 1909 își desfășoară activitatea în învățământul superior tehnic, fiind asistent al profesorului Ion Ionescu la disciplina *Proiecte de poduri de beton armat*, conform Dorina Rusu, *op. cit.*, p. 310.

²³ Ion A. Beleș (1889 ÷ 1956) este absolvent al Școlii Naționale de Poduri și Șosele din București în anul 1912, ca șef de promoție, fost asistent al profesorului Ion Ionescu la cursul de Poduri, conform Hristache Popescu, *Personalități românești în construcții*, ediția a II-a, Editura H.P., București, 2008, p. 708.

Notațiuni

Autorul realizează o enumerare a termenilor tehnici folosiți în volum, fiind prezentați 83 de termeni tehnici, dintre care 51 notați cu litere mici și 32 notați cu litere mari, în marea majoritate a cazurilor, terminologia acestora fiind aproape aceeași și în momentul actual. Pentru fiecare termen tehnic prezentat, se specifică pagina la care acesta este introdus în textul volumului.

Partea I. Alcătuirea betonului armat

Prima parte a lucrării tratează alcătuirea betonului armat și cuprinde cinci capitole: *Definițiuni*, *Istoric*, *Avantaje și inconveniente*, *Calitatea materialelor* și *Executarea betonului armat*.

Definițiuni. Definierea betonului armat este realizată printr-o descriere succintă: *Betonul armat este un material nou de construcție: într'ânsul betonul și fierul servă împreună la rezistența și stabilitatea construcțiilor [...].*

Istoric. Sunt prezentate principalele repere cronologice referitoare la apariția și dezvoltarea betonului armat, inclusiv momentul introducerii acestuia în țara noastră: de la primele brevete ale lui Monier pentru ciment armat (1867) și pentru construcții de beton armat (1878), la introducerea betonului armat în România pentru construcția silozurilor de la Brăila și Galați (1886). De asemenea, sunt prezentate detalii și informații referitoare la unele dintre construcțiile importante ale epocii, din România și de pe plan extern, executate din beton armat.

Avantaje și inconveniente. La nivelul cunoștințelor epocii, principalele avantaje ale betonului armat enumerate de autor sunt: buna conlucrare între beton și barele de armatură datorită lipsei reacțiilor chimice între acestea, aderența între beton și armături, posibilitatea montajului barelor de armatură doar prin înădare, protecția armăturilor introduse în beton împotriva coroziunii. Ca principale inconveniente, se menționează necunoașterea pe deplin a proceselor interne din masa betonului, la nivel molecular, în momentul intrării în priză al acestuia și necesitatea ca proiectarea și execuția să fie realizate numai de personal pregătit și instruit în acest domeniu, cu materiale adecvate și de bună calitate.

Calitatea materialelor. Pe baza informațiilor oferite de norma austriacă, sunt prezentate materialele constitutive ale betonului armat, respectiv ciment, nisip, pietriș și barele de fier sau de oțel moale, precum și principalele caracteristici tehnice pe care trebuie să le îndeplinească acestea.

Barele de armatură sunt de două tipuri, respectiv *barele de fier* (*Schweisseisen*) sau de *oțel moale* (*Flusseisen*). Condițiile impuse epruvetelor din mortar de ciment, pentru încercări, sunt foarte precise: cuburile pentru *încercarea de sdrobire prin compresiune* au secțiunea de 50-cm^2 , iar la vârsta de 28 de zile epruvetele trebuie să aibă rezistențe minime de 22-kg/cm^2 (la întindere) și de 220-kg/cm^2 (la compresiune).

Executarea betonului armat. Sunt prezentate informații referitoare la modul de preparare, cofrare, turnare în cofraje, decofrare și control după finalizarea lucrărilor.

Referitor la modul de preparare, sunt prezentate cele trei tipuri de dozaje principale pentru rețetele de beton, precum și valorile impuse rezistenței la compresiune, conform normei austriece. Astfel, pentru $470/350/280\text{-kg}$ de ciment la 1-m^3 de amestec de nisip și pietriș, valorile rezistenței la compresiune sunt $170/150/130\text{-kg/cm}^2$, folosind pentru încercări cuburi de beton cu latura de 20-cm și vârsta de 6 săptămâni.

Partea II. Proiectarea construcțiilor de beton armat

A doua parte a lucrării tratează proiectarea elementelor construcțiilor de beton armat, este cea mai extinsă (în mod asemănător structurii normei germane din anul 1907) și cuprinde 11 capitole dezvoltate pe parcursul a 112 pagini.

În primul capitol sunt prezentate *Solicitările betonului armat*. În următoarele nouă capitole este prezentat calculul elementelor de beton armat la diverse solicitări: *Calculul pieselor supuse la tensiune*, *Calculul pieselor supuse la compresiune*, *Calculul pieselor supuse la încovoiere*, *Calculul betonului armat la tăiere*, *Calculul grinzilor de beton armat la alunecare*, *Calculul adeziunii*, *Calculul eforturilor principale*, *Calculul stâlpilor la compresiune excentrică*, *Verificarea stâlpilor la flambagiu*. În ultimul capitol se realizează o sinteză succintă a informațiilor prezentate și se fac recomandări privind calculul elementelor de beton armat.

Solicitările betonului armat. Sunt prezentate cazurile cele mai simple de solicitare la care pot fi supuse piesele de beton armat și cinci moduri de rupere ale acestora: [...] *prin întindere sau tensiune*, *prin apăsare sau compresiune*, *la care dacă piesa este subțire, se poate ivi și o îndoire laterală, care am spus că se numește flambagiu*, *prin tăiere sau forfecare*, *prin încovoiere sau flexiune*, *prin răsucire sau torsiune* [...].

Calculul pieselor supuse la tensiune. Autorul prezintă o consistentă parte teoretică pentru elemente solicitate la întindere, ce cuprinde desene și formule adecvate pentru *calculul armăturilor* și *verificarea tensiunilor în beton*. Textul este însoțit de un exemplu de calcul pentru o grindă solicitată la întindere.

Calculul pieselor supuse la compresiune. Textul cuprinde informații teoretice pentru elemente solicitate la compresiune, însoțite de desene și relații de calcul pentru *determinarea secțiunilor*, *prescripții referitoare la armături*, *betonul cercuit* (secțiune circulară) și *proiectarea stâlpilor*. La final sunt atașate două exemple de calcul referitoare la determinarea secțiunilor unor stâlpi solicitați la compresiune axială.

Calculul pieselor supuse la încovoiere. Este capitolul prezentat în forma cea mai extinsă, pe 50 de pagini, iar informațiile teoretice sunt detaliate și elaborate riguros. Sunt analizate mai multe tipuri de elemente solicitate la încovoiere, acestea fiind prezentate în continuare, respectând denumirea și ordinea preluată din volumul analizat.

(i) *Grinzile cu armătură simplă*. Se prezintă conformarea secțiunilor grinzilor cu armătură simplă, dispusă la partea inferioară. În partea teoretică se definește și se prezintă poziția axei neutre și starea de eforturi pe secțiune, iar la final este atașat un exemplu de calcul.

(ii) *Proiectarea secțiunilor simplu armate și calculul momentelor încovoietoare*. Sunt prezentate informații teoretice și relații de dimensionare specifice. Textul este însoțit de un exemplu de calcul privind dimensionarea secțiunii și a armăturilor unei grinzi solicitate la încovoiere.

(iii) *Lungimea armăturilor*. Este prezentat modul de distribuție al armăturilor pe secțiunea grinzii, în funcție de valoarea momentelor încovoietoare, cu un exemplu de calcul.

(iv) *Verificarea tensiunilor în beton*. Se prezintă modul de calcul al eforturilor de întindere în beton pe secțiunea unei grinzi solicitate la încovoiere și compararea valorii acestora cu valori admisibile. Textul este însoțit de un exemplu de calcul.

(v) *Armături pe mai multe rânduri*. Este prezentat un caz particular de conformare a secțiunilor grinzilor încovoiate, cu armătura dispusă pe mai multe rânduri și un exemplu de calcul.

(vi) *Grinzi cu armături puternice*. Se prezintă cazul particular de conformare a secțiunilor grinzilor încovoiate folosind profile laminate (cornier, profil I), fiind atașat un exemplu de calcul.

(vii) *Grinzi dublu armate*. Se prezintă conformarea secțiunilor grinzilor încovoiate, cu armătura dispusă și la partea superioară a secțiunii. Textul este însoțit de două exemple de calcul.

(viii) *Dale sau plăci de beton armat.* Informațiile teoretice prezintă principalele reguli de conformare a secțiunii unei dale de beton armat, cu precizarea rolului diferitelor tipuri de armături utilizate, iar la final este atașat un exemplu de calcul.

(ix) *Plăci cu nervuri.* Este prezentat modul de conformare a secțiunii plăcilor de beton armat cu nervuri, utilizate în cazul deschiderilor mari. Textul este însoțit de două exemple de calcul.

(x) *Diverse tipuri de grinzi.* Partea teoretică cuprinde o scurtă prezentare a grinzilor cu secțiune tubulară și a grinzilor cu zăbrele în sistem Visintini și Vierendel, cu un exemplu de calcul.

Calculul betonului armat la tăiere. Textul cuprinde informații teoretice succinte referitoare la elementele solicitate la forță tăietoare și este însoțit de un exemplu de calcul.

Calculul grinzilor de beton armat la alunecare. Este prezentat fenomenul de *alunecare longitudinală a fibrelor de beton* la un element solicitat la încovoiere și sunt oferite soluții tehnice în acest sens. Textul este însoțit de un exemplu de calcul.

Calculul adeziunii. Este explicată aderența între beton și armături, cu prezentare de formule pentru calculul aderenței, conform normelor germane și austriece. Sunt analizate cazurile *adeziunii la grinzile încovoiate, adeziunea la capetele coloanelor și distanțele între vergele armăturilor.*

Calculul eforturilor principale. Autorul expune informațiile teoretice într-un mod riguros, definind și prezentând direcția eforturilor principale în beton, iar la final este atașat un exemplu de calcul.

Calculul stâlpilor la compresiune excentrică. Se prezintă aspectele teoretice și relațiile de calcul pentru cazurile stâlpilor solicitați la compresiune centrică și compresiune excentrică. Textul este însoțit de două exemple de calcul pentru secțiuni de stâlpi solicitați la compresiune excentrică.

Verificarea stâlpilor la flambaj. Partea teoretică prezintă fenomenul de flambaj al stâlpilor, modul de proiectare al acestora și cazul flambajului stâlpilor încărcăți excentric. Textul este însoțit de cinci exemple de calcul pentru secțiuni de stâlpi zvelți, verificați la flambaj.

Partea III. Tabele numerice

Ultima parte a lucrării grupează 15 tabele numerice în care sunt prezentate informații complementare și necesare efectuării calculului elementelor de beton armat prezentate în Partea II:

Secțiunea vergelelor (Tabela No. 1), *Perimetrul vergelelor* (Tabela No. 2), *Secțiuni ideale ale stâlpilor pătrați* (Tabela No. 3), *Secțiunea armăturilor la stâlpi și coloane* (Tabela No. 4), *Poziția axei neutre la grinzi ideal armate* (Tabela No. 5), *Secțiunea armăturilor și înălțimea grinzilor simplu armate* (Tabela No. 6), *Corecțiunea la fiarele I* (Tabela No. 7), *Grinzi dublu armate. Armătura întinsă* (Tabela No. 8), *Grinzi dublu armate. Armătura comprimată* (Tabela No. 9), *Calculul dalelor* (Tabela No. 10), *Grinzi cu armătura simplă* (Tabela No. 11), *Calculul plăcilor cu nervuri* (Tabela No. 12), *Flambajul stâlpilor pătrați* (Tabela No. 13), *Formule pentru momente încovoietoare și forțe tăietoare* (Tabela No. 14) și *Rezistențe admisibile* (Tabela No. 15).

În încheierea lucrării, profesorul Ion Ionescu mărturisește că [...] *am căutat să condensez, într'un spațiu restrâns, date practice și elemente teoretice care să dea o idee cât mai completă asupra rolului acestui material în construcțiuni [...].*

4. Concluzii

Primele norme pentru reglementarea modului de calcul, de conformare, de construcție și de încercări pentru elementele de beton armat încep să fie publicate în principalele state avansate din punct de vedere științific și tehnologic, încă de la începutul secolului al XX-lea: Elveția (1904), Germania (1904, 1907), Franța (1906), Italia (1907), Austria (1907), Rusia (1908, 1911), Ungaria (1909), Suedia (1910), Statele Unite ale Americii (1910), Marea Britanie (1911), Olanda (1912).

Betonul armat este introdus în țara noastră de profesorul Anghel Saligny (1854 ÷ 1925), însă inițiatorul introducerii studiului betonului armat, prin cursuri și proiecte, la Școala Națională de Poduri și Șosele din București este profesorul Ion Ionescu (1870 ÷ 1946).

Profesorul Ion Ionescu susține prima lecție specială de beton armat din România prin prezentarea în martie 1903 a conferinței *Calculul betonului armat după metoda lui Matthias Koenen* și începând cu anul 1904, în urma recomandării profesorului Anghel Saligny, prezintă primele lecții oficiale de *Beton armat* în cadrul cursurilor de *Poduri și Rezistența materialelor*.

În mai 1915 se inaugurează seria Biblioteca tehnică a Societății Gazeta Matematică prin publicarea lucrării *Beton armat. Expunere elementară a regulilor de construcțiune și a principiilor de calcul*, elaborată de profesorul Ion Ionescu.

Această lucrare este organizată într-o manieră similară tratatelor și manualelor clasice, are la bază unele dintre cele mai recente norme ale epocii (austriece și germane) și este compatibilă ca nivel științific cu cele mai importante norme pentru betonul armat, publicate în epocă, la nivel internațional.

Textul este bine documentat, fiind prezentate atât informații referitoare la caracteristicile materialelor, încercări ale probelor și epruvetelor, execuție, controlul calității lucrărilor, cât și elemente teoretice de bază pentru calculul structural, cu exemple de calcul pentru elemente de beton armat supuse la diverse solicitări. Partea de calcul este cea mai extinsă din lucrare și este concepută într-un mod clar și riguros din punct de vedere științific.

Lucrarea *Beton armat. Expunere elementară a regulilor de construcțiune și a principiilor de calcul* elaborată de profesorul Ion Ionescu, este prima din literatura română tehnică ce tratează modul de calcul al elementelor de beton armat. Are o importanță istorică majoră și constituie o referință fundamentală pentru evoluția și dezvoltarea studiului betonului armat în România.

Bibliografie

I. Cărți

1. Ionescu, Ion, *Beton armat. Expunere elementară a regulilor de construcțiune și a principiilor de calcul*, Tipografia Curții Regale, București, 1915.
2. Koenen, Mattias, *Grundzüge für die statische Berechnung der Beton-und Eisenbetonbauten*, Verlag von Wilhelm Ernst&Sohn, Berlin, 1906.
3. Mateescu, Cristea, *Ion Ionescu*, Editura Științifică, București, 1966.
4. Popescu, Hristache, *Personalități românești în construcții*, ediția a II-a, Editura H.P., București, 2008.
5. Prager, Emil, *Betonul armat în România*, Editura Tehnică, București, 1979.
6. Rusu, Dorina, *Membrii Academiei Române 1866-2003. Dicționar*, Ediția a III-a, Editura Enciclopedică / Editura Academiei Române, București, 2003.

II. Studii și articole în volume și publicații de specialitate

7. Ionescu, Ion, "Betonul armat la noi în țară", *Natura*, **9** (3), București, 1914.
8. Koenen, Mattias, "Grundzüge für die statische Berechnung der Beton-und Eisenbetonbauten", *Zentralblatt der Bauverwaltung*, **22** (38), Berlin, 10 mai 1902.
9. Minister der öffentlichen Arbeiten, *Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten*, Berlin, 16 April 1904.
10. Ministère de Travaux Publics des Postes et des Télégraphes, Commission du Ciment Armé, *Expériences, Rapports & Propositions. Instructions Ministérielles relatives à l'emploi du Béton Armé*, H. Dunod et. E. Pinat Éditeurs, Paris, 1907.
11. Ministero dei Lavori Pubblici, *Prescrizioni normali per l'esecuzione delle opere in cemento armato*, Gazzeta Ufficiale del Regno d'Italia, Roma, 10 Gennaio 1907.
12. Popescu, Gheorghe, "Lucrări în Portul Giurgiu și pe șenalul Dunărei pentru îmbunătățirea navigațiunei", *Buletinul Societății Politehnice*, **26** (4), București, 1910.

13. Schweizerischer Ingenieur und Architekten Verein, "Provisorische Normen für die Projektierung, Ausführung und Kontrolle von Bauten in armiertem Beton", *Schweizerische Bauzeitung*, **43 (1)**, 1904.
14. Schweizerischer Ingenieur und Architekten Verein, "Provisorische Normen für die Projektierung, Ausführung und Kontrolle von Bauten in armiertem Beton", *Schweizerische Bauzeitung*, **43 (12)**, 1904.

II. Internet

15. *Gewapend Beton Voorschriften*, vastgesteld in de Vergadering der Afdeeling vor Bouw en Waterbouwkunde van het Koninklijk Instituut van Ingeieurs van 23 Maart 1912.
[https://www.vub.be/arch/backyard/gallery/projects/concreteregulations/NL_1912.pdf], [14 mai 2020].
16. Societatea de Științe matematice din România. Gazeta Matematică, Mircea Trifu, *Fenomenul Gazeta matematică la 110 ani. O (posibilă) istorie despre fapte și oameni*.
[<http://www.gazetamatematica.net/?q=node/26>] [19 Mai 2020].