

## Cercetarea în cunoașterea tehnicilor de construcții din țara noastră de la tradițional la nou

De ce este necesar să cercetăm tehnicile de construcții?

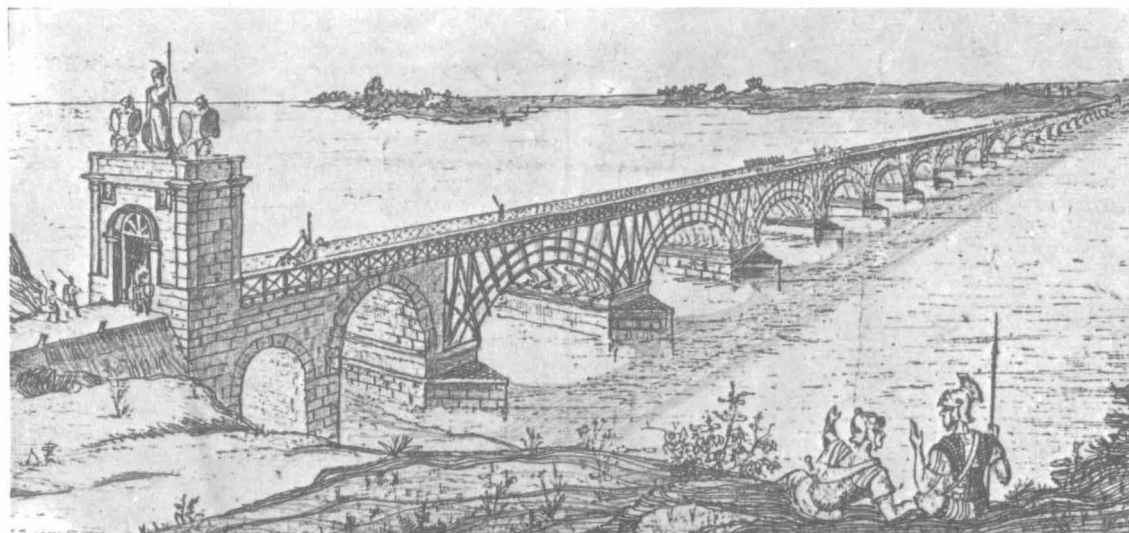
Pentru că, în primul rând, numai astfel se poate crea o oglindă fidelă a evoluției meseriei noastre, a aportului pe care construcțiile l-au adus și îl aduc la ridicarea continuă a civilizației și pentru că, pe de altă parte, ea poate răspunde unor necesități practice de formare a unor "specialiști creativi", de progres în specialitate, de creare a condițiilor pentru luarea unor decizii de viitor corecte (de orientare în ramură).

Prin însăși pregătirea noastră sîntem chemați a răspunde unei cerințe sociale, aceea de a realiza "produși" de construcții de calitate și eficiență (socială și economică) care să respecte exigențele de performanță ale utilizatorilor. La realizarea lor trebuie conciliate două serii de condiții: condiții **funcționale** care

reprezintă un ansamblu creat, imaginat de noi, și condiții **naturale** care reprezintă un ansamblu preexistent. Din infinitatea de soluții posibile inginerul trebuie să știe să presimtă soluția justă, să se oprească în cîmpul soluțiilor rapide și cuprinzătoare. Dar pentru aceasta se impune puterea de a te ridica deasupra modelelor cunoscute, "puterea" care înseamnă ingeniozitate, imaginație, creativitate. Aceste atribute sînt direct legate de cultura specialistului și cultură fără istoria meseriei nu se poate.

Pe de altă parte, nu pot face adevărate progrese decît oamenii care cunosc bine lucrările predecesorilor lor în domeniul respectiv pentru că toate descoperirile rezultă cel mai adesea din "apropieri de fapte cunoscute". Și, în sfîrșit, pentru că, deși sîntem chemați a lua decizii de viitor, experiența, învățătura și știința pe care ne bazăm se referă la trecut.

Fig.1. Podul lui Traian de la Drobeta - Turnu Severin (reconstituire, 1907).



Cum să abordăm această cercetare?

Poate, cel mai frumos și cuprinzător răspuns îl găsim într-o cugetare a marelui nostru poet național Mihail Eminescu, care spunea: "vechimea lucrurilor nu constă în depărtarea temporală a nașterii și existenței lor, ci în diferența dintre ele și ce reprezintă" (manuscrisul 2 284 BAR). Deci să cercetăm tehnicile de construcții de-a lungul timpului, marcând clar diferența lor față de cele prezente și nu depărtarea temporală.

Printre cele mai vechi moduri de construcție ce au fost folosite pe teritoriul țării noastre la locuințe, încă din neolitic, trebuie amintit scheletul de lemn (stâlpi și căpriori) cu pereți din împletitură de nule, lipită cu lut amestecat cu paie tocate, și acoperiș din paie și stuf. Mai rar, se întrebuițau pereții plini (portanți) confecționați din trunchiuri de copaci așezate orizontal unele peste altele și îmbinate la colțuri. Dovezi materiale în acest sens sînt la Pietrele-Giurgiu, la Blejești-Vidra, cît și așezările de la Hăbășești, Trusești, Corlățeni și Traian.

Dezvoltarea ascendentă pe care o cunoaște societatea geto-dacă, încă din secolul al IV-lea î.e.n., culminează în epoca de formare a statului dac pe vremea lui Burebista și Decebal (secolul I î.e.n. cucerirea romană secolul II e.n.). Tehnica de construcții va cunoaște în această perioadă o evoluție apreciabilă ca rezultat al unei reușite adaptări la condițiile specifice locale a unor sisteme inspirate din tehnica elenistică. Locul unde

această gîndire și creație tehnică s-au manifestat plenar îl constituie cetățile, fortărețele și turnurile de supraveghere din Munții Orăștiei, unde s-a creat "un sistem de fortificații ce nu-și are egal nu numai la noi, dar nici în altă parte a Europei" (I.H.Crișan). Caracteristicile noilor tehnici sînt legate de:

- **ingeniozitatea amenajării terenului** deosebit de dificil din Munții Orăștiei (masiv de mică înfrizabil) în vederea realizării unui sistem de terase plane de mari proporții;

- **structura zidului dacic** (numit *murus dacicus*) realizată din două paramente, lucrate din blocuri mari de calcar tăiate foarte precis, încît îmbinarea lor se realiza prin simplă alăturare, nefolosind mortarul; între cele două fețe ale zidului (așezate la 2-3 m) se așează umplutura (emplecton) de pămînt, pietrele prelucrate și fragmente de blocuri sparte. Pentru a asigura stabilitatea celor două paramente la împingerea umpluturii, se montau între ele bîrne de lemn introduse în niște locașuri, săpate în blocuri de calcar, în formă de coadă de rîndunică;

- modul în care s-au realizat sistemele de alimentare cu ape (cisterne, conducte) și în special procedeul de impermeabilizare prin mortare hidraulice (cisterna de piatră de la Bli-daru; în plus în plan 6,2 X 8,0 m și înălțime de 4 m).

Trebuie remarcat în mod deosebit că la zidurile dacice caracteristicile geometrice (înălțime 3-4 m, grosime 2-3 m, distanța dintre turnuri ce aveau rol de contrafort, 30-40 m)

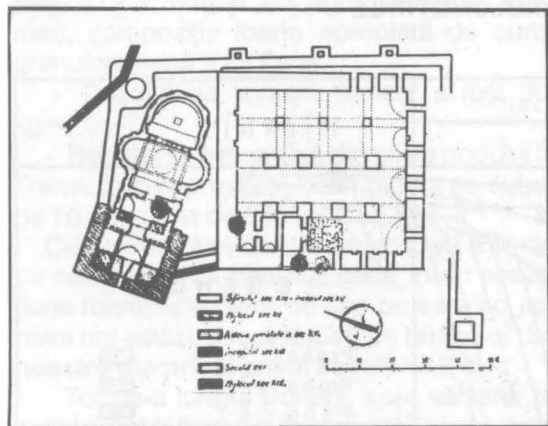


Fig.2. Curtea Domnească din Tîrgoviște. Marcarea punctelor de prelevare a probelor.

Fig.3. Curtea Domnească din Tîrgoviște.



respectă, surprinzător de exact valoarea gradului de zvelteță ( $\lambda = 3$ ) care nu impune luarea în considerație a flambajului

cînd

$$\lambda = \frac{l_f}{t} \gg 3 \quad \text{se ia în considerație flambajul}$$

$\lambda$  gradul de zvelteță

$l_f$  lungime de flambaj (zid

cu capătul superior liber  $2h$ )

$t$  grosime zid

zidul dacic:  $h_{med} = 3,5 \text{ m}$

$t_{med} = 2,5 \text{ m}$

$$\lambda_{z.d.} = \frac{2h}{t} = \frac{2 \times 3,5}{2,5} = 3$$

Odată cu constituirea provinciei romane de la nordul Dunării, Dacia romană, viața economică înregistrează un mare avînt, datorită uneltelor de muncă mai perfecționate, tehnicilor mai avansate și organizării producției după sistemul aplicat cu succes de romani. În domeniul construcțiilor se remarcă realizarea unor lucrări fără precedent. Mărturii evidente sînt drumurile romane, podurile, caarele, cetățile-port, apeductele cărora li se acordă o deosebită atenție la execuție pentru a răspunde cît mai bine cerințelor funcțional-economice, administrative și militare, și a fi cît mai trainice.

Principala trăsătură a tehnicilor de con-

strucții folosite în această perioadă este **întrebuințarea pietrei și cărămizii arse legate cu mortar**.

Pe pămîntul patriei noastre stă mărturie una dintre cele mai grandioase lucrări de artă a construcțiilor de pe vremea romanilor: podul de peste Dunăre de la Drobeta - Turnu Severin, din care mai pot fi admirate azi ruinele pilelor și culeelor. Ridicat din ordinul împăratului Traian între anii 103-104 e.n., după planurile și sub conducerea celebrului inginer și arhitect al antichității - Apollodor din Damasc (61 e.n.-130 e.n.), podul era prevăzut cu douăzeci de pile care susțineau o suprastructură din lemn sub formă de arce, lungimea totală fiind de 1 127 m.

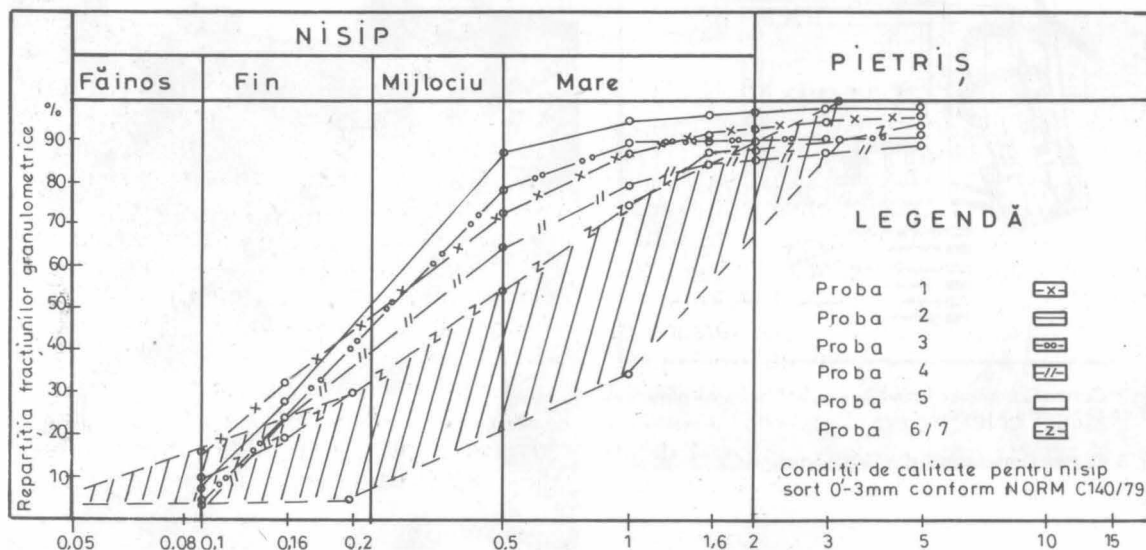
În ceea ce privește modul de construcții și materiale folosite, cunoștințele sînt lipsite de precizia documentului primar, deoarece descrierea lucrării lui Apollodor s-a pierdut. Concluziile unor reputați cercetători și profesori universitari: Rafael Fabretti, Aschbach, Edgar Duperréx, Dumitru Tudor conduc la ideea folosirii betonului la execuția pilelor.

Care sînt caracteristicile betonului folosit la acest pod de Apollodor? Ce liant a fost utilizat? Care sînt diferențele între betoanele și cimenturile romane în raport cu cele pe care le utilizăm astăzi?

Dovezi certe în privința caracteristicilor materialelor folosite la pilele podului de la Drobeta

Fig.4. Diagrama compoziției granulometrice a agregatelor analizate pe probe de la Curtea Domnească din Tîrgoviște.

Fig.1 - DIAGRAMA COMPOZIȚIEI GRANULOMETRICE A AGREGATELOR



au adus cercetările elaborate, în anul 1932, de către prof.ing.Șerban Solacolu și prezentate într-un studiu intitulat *Considerații asupra tehnicii cimentului și betonului, la Romani-studiul betonului podului lui Traian de peste Dunăre*, publicat, în 1936, în "Buletinul de Matematică-Fizică" al Școlii politehnice din București. Investigațiile au avut loc pe două blocuri de beton de la pilele podului, puse la dispoziție de Direcțiunea Șantierelor Navale din Turnu-Severin, cu ocazia lucrărilor de regularizare a navigației Dunării, în 1909. Blocurile din beton erau compuse din cărămidă spartă 30-50 mm sau pietriș ca agregat și un mortar din nisip.

Concluziile asupra analizelor efectuate au fost următoarele:

- Liantul utilizat la confecționarea betonului a fost un "ciment roman" provenit din arderea marnelor. Romanii posedau, deci, tehnica fabricației unui adevărat ciment, artificial ( nu industrial n.r.) rezultat prin arderea unor materii prime naturale, calcare marnoase, la temperaturi de peste 900-1 000 grade C.

"Pentru prima dată - remarca, pe drept cuvânt, ing.Silviu Oprea la centenarul industriei românești de ciment - *contrar părerilor încă și azi răspândite că primii care ar fi elaborat un "var hidraulic" și "ciment roman" ar fi fost englezii Smeton și Parker, către sfârșitul secolului al XVIII-lea, românul Solacolu aduce, pe bază de cercetări științifice dovada priorității române în fabricația varului complet hidraulic*".

- Betonul folosit la pile are o compoziție granulometrică "discontinuu" alcătuită din 1/3 nisip (0,2-3 mm). și 2/3 agregat mare (30-50 mm), compoziție foarte apropiată de curba granulometrică a lui Feret.

- Dozajul de "ciment roman" a fost 300 kg/m<sup>3</sup>.

- Rezistența betonului, din pilele podului lui Traian, la compresiune determinată pe cuburi de 10 cm a fost de 305 kg/cmp.

Cele de mai sus ne îndreptățesc să afirmăm cu certitudine că betonul, chiar într-o accepțiune foarte apropiată de cea pe care i-o atribuim noi astăzi, **a fost folosit pe teritoriul țării noastre din primii ani ai secolului II e.n.**

Tot de-a lungul Dunării, spre vărsare, pe malul drept al fluviului, în comuna Topalu, județul Constanța, pe dealul de la vest de sat se păstrează cetatea-port Capidava, constituită pe la sfârșitul secolului III e.n. Formă dreptunghiulară în plan, ziduri groase de 2m. Jos la



Fig.5. Ing.Elise Radu.

baza dealului, pe malul Dunării, se află construcțiile portuare.

Din săpăturile arheologice de la Capidava, conduse de conf.univ.Radu Florescu și prof. Cristian Matei am prelevat probe de mortar de la cheiul portului, construit în a doua jumătate a secolului III (cca.250-300 e.n.). Analiza materialelor de construcții pune în evidență întrebuințarea unei tehnici deosebite de construcție. Cheiul a fost realizat cu zidărie din blocuri de piatră legate între ele cu un mortar, care va fi numit în continuare "de bază"; destul de dur, de culoare alb-gri deschis, cu cărămidă pisată, al cărui parament a fost rostuit cu un strat de mortar, pentru grund, pe care-l vom numi "strat intermediar", de culoare negricioasă, iar pe acesta din urmă s-a aplicat un strat de mortar de glet, pentru stratul vizibil, numit în continuare "strat superficial" de culoare gri.

Analiza mortarelor s-a realizat cu ajutorul unor metode moderne de investigare: analiză chimică, metodă termometrică, microscopie electronică, difracții de raze X și microanaliză de raze X.

Cu ajutorul microsondei electronice de raze X, echipată cu analizor de raze X, s-a obținut o remarcabilă imagine a probei de mortar în secțiuni ( x600) care marchează clar existența a



trei tipuri diferite de mortar:

- un mortar de bază
- un strat intermediar (cca 120x)
- un strat superficial (cca 80x).

Analizele spectrale de raze X s-au efectuat pe zone dispuse în cele trei straturi de mortar.

Din rezultatele obținute se constată, în afara elementelor caracteristice liantului de bază și a agregatului din mortare, și **prezența unei cantități apreciabile de fosfor.**

Pe baza modulului de bazicitate și a compoziției chimico-oxidice a lianților analizați s-a ajuns la următoarea concluzie:

- liantul folosit în mortarul de bază este un var foarte hidraulic ( $M_b=1,95$ );
- liantul din stratul intermediar și cel superficial este asemănător, fiind un ciment roman ( $M_b=1,29$ ).

O particularitate a stratului intermediar constă în existența unei proporții însemnate de  $P_2O_5$  (pentaoxid de fosfor 13%). De fapt acest pentaoxid se găsește în stratul intermediar sub formă de pirofosfat de siliciu ( $SiO_2 \cdot P_2O_5$ ) sau  $SiP_2O_7$ , **compus care**, așa cum se afirmă în literatură, **corespunde unor temperaturi de sinteză de peste 1 100 grade C.** Acest fapt conduce la ipoteza că **liantul din stratul intermediar a fost preparat artificial prin ardere la temperaturi de cca 1 150 grade C.**

Pe de altă parte, **natura sticloasă** a stratului de piro-fosfat, pusă în evidență la microscopul electronic de baleiaj, ne-a condus la presupunerea că rolul acestui strat era de impermeabilizare a zidului cheiului.

Iată încă o dovadă materială certă în susținerea priorității romane în fabricația "cimentului roman", dar și a unei tehnici deosebit de avansate în privința sistemului de impermeabilitate.

Cred că trebuie să avem puterea morală de a recunoaște cel puțin valabilitatea, dacă nu chiar superioritatea, acestui sistem de impermeabilizare și să-l includem în planurile noastre de cercetare, pentru a-l adapta la noile tehnici.

După o îndelungă perioadă de restriște, care cuprinde întreg mileniu I e.n., constituirea statelor feudale românești de sine stătătoare impulsionează din nou arta construcțiilor, potențînd noi tehnici de construcții a monumentelor medievale românești. Ceea ce caracterizează această perioadă este extinderea fo-

losirii pietrei și cărămizii în construcții, odată cu dezvoltarea sensibilă a așezărilor urbane, a orașelor și târgurilor medievale, și a fortificațiilor militare (cetăți), care au condus la o specializare a activității constructive. Deosebit de receptiv la tradițiile înaintașilor, constructorii acestei epoci au știut să adapteze fericit tehnicile străvechi la nevoile și materialele locale. Astfel, la cetatea de la Giurgiu, construită de Mircea cel Bătrîn, lipsa pietrei a condus la imitarea tehnicii romane pentru realizarea zidurilor cetății, paramente din piatră brută ușor fasonată și emplecton în care sînt înecate bîrne. Dar în acest caz emplectonul este compus din piatră măruntă legată cu un excelent mortar.

În scopul clarificării unor aspecte privind caracteristicile materialelor și tehnicilor de construcție folosite în evul mediu, am început o serie de cercetări asupra construcțiilor Curții Domnești din Tîrgoviște, folosindu-ne de mijloacele și tehnicile moderne de astăzi. Au fost colectate probe de mortar (prin extragere de carote) de la construcții din trei perioade istorice diferite:

- proba 1 -din fundația casei pîrcălabului, executată înainte de anul 1350;
- proba 2, 3, 4, 5, prelevate din zidurile Casei domnești vechi, construită în timpul domniei lui Mircea cel Bătrîn, 1395- 1400;
- probele 6, 7, probe din zidurile Curții Domnești ridicată de Petru Cercel la 1584.

Vă supunem atenției o singură concluzie a cercetării care ni se pare deosebit de semnificativ.

În urma separării agregatelor din mortarele analizate (de către ICPIA Brașov, după o metodă a prof. ing. Șerban Solacolu) s-au determinat curbele granulometrice efective și probele 1-7. Aceste curbe sînt reprezentate - în figură - comparativ cu limitele granulometrice impuse azi de C 140-86.

Curbele din epoca lui Mircea cel Bătrîn se situează într-o zonă deasupra domeniului normal, în timp ce curba (din vremea lui Petru Cercel) se suprapune peste limita superioară a zonei normate, indicînd o compoziție granulometrică conform prescripțiilor actuale. Acest lucru pune clar în evidență faptul că s-a produs o evoluție a tehnicii de construcție care se îmbunătățește în perioada lui Petru Cercel, ce a încurajat dezvoltarea culturii și civilizației, istoricii menționînd că pentru lucrări domnitorul

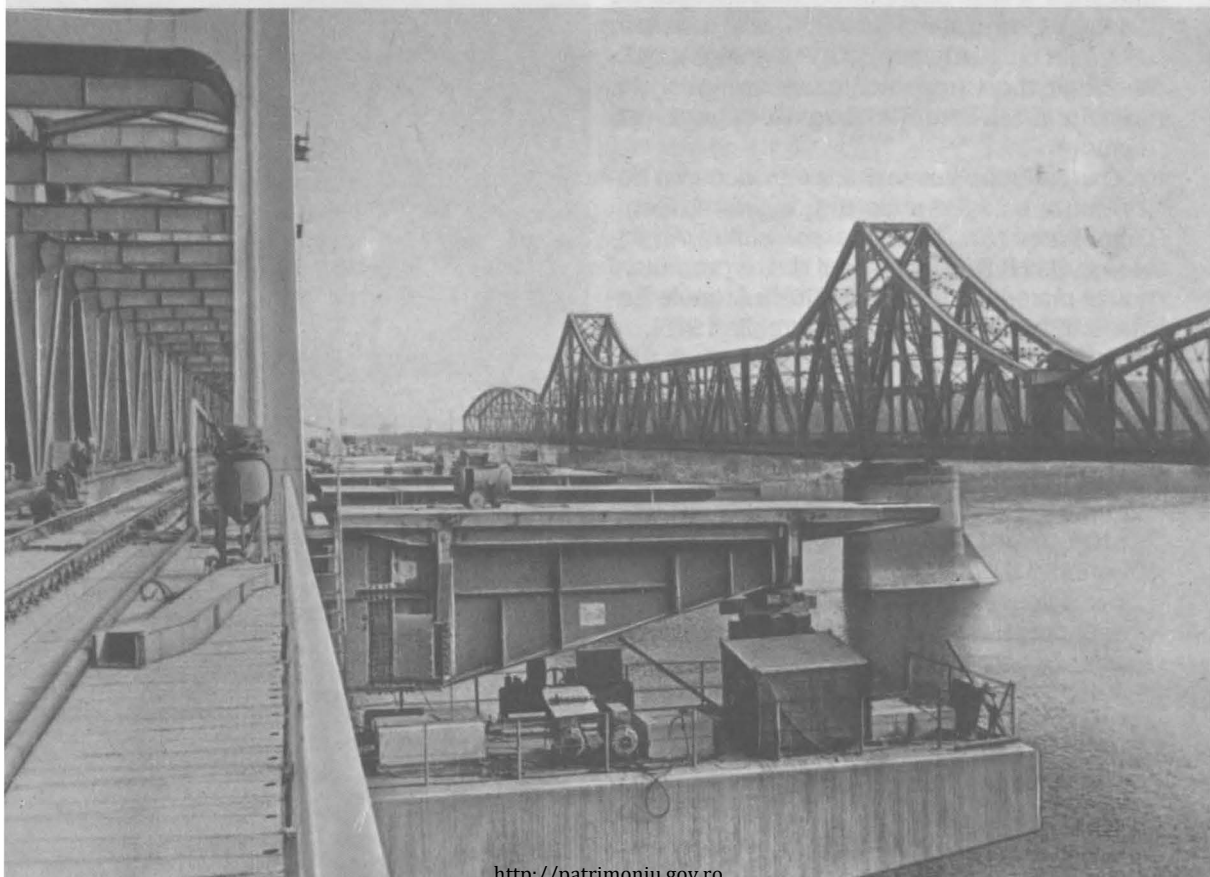
a folosit o serie de meșteri străini.

Fără îndoială, însă, că cel mai spectaculos salt în dezvoltarea tehnicilor de construcții are loc în secolul al XIX-lea, odată cu apariția metalului și betonului armat. Spiritul inventiv și creativitatea tehnică a inginerilor români își vor aduce contribuții notabile la progresul acestor tehnici. Se cuvine să amintim că inginerul Anghel Saligny, căruia în anul 1884 i se încredințează proiectarea docurilor din porturile Brăila și Galați, după un studiu amănunțit al situației locale, hotărâște cu remarcabil curaj să folosească betonul armat la construcția silozurilor de cereale din aceste porturi, lucrările respective fiind primele care utilizează betonul armat în țara noastră (b.a. a fost brevetat în lume la 1867), dar, în același timp, sînt și primele construcții de acest gen din Europa. Remarcabilă este utilizarea la aceste silozuri a b.a. sub formă de prefabricate asamblate. O altă lucrare care l-a impus pe marele nostru constructor pe plan internațional este ansamblul podurilor dunărene de la Cernavodă, lucrare ce reprezenta la acea vreme (1890-1895) podul cu cea mai mare deschidere (190 m) din



Fig.6 Ing. Anghel Saligny.

Fig.7. Podul de la Cernavodă (ing. Anghel Saligny).



Europa continentală și la care s-a folosit pentru prima dată oțelul moale în locul fierului. La aceleași poduri, un veritabil studiu de tipizare a stabilit numărul minim de tabliere metalice necesare.

Nu putem vorbi despre tehnica betonului armat în țara noastră fără a pune alături de Anghel Saligny figura luminoasă a celui mai mare inginer român, Elie Radu. El a folosit b.a. la:

- cea mai mare captare centralizată de apă subterană din Europa, prin care se obțineau 30 000 m cubi/zi dintr-o singură sursă (alimentarea cu apă potabilă de la Bragadiru 1899-1901);
- primele planșee de b.a. la o clădire socială (1904), cât și la clădirea pentru birouri și locuințe CFR din Sinaia (1906);
- impunătoarea clădire a Ministerului Lucrărilor Publice (azi sediul Primăriei Capitalei) (1910);
- remarcabilul pod din b.a. de peste Jiu la Lainici (deschidere de 60 m - 1910).

Iată ca o curiozitate tehnică vizualizarea interfeței oțel- beton pentru o bară dintr-o grindă de b.a. executată în 1904 de Elie Radu. Imaginea a fost obținută cu microscopul de baleiaj; ea este mărită de 1 200 ori și scoate în evidență: oțelul (galben); rugină (indigo); mortarul de ciment (roșu continuu), compuși chimici în urma reacției rugină-ciment (gri hașurat).

O contribuție deosebită la introducerea betonului armat și-a adus-o și inginerul Gogu Constantinescu, părintele sonicității. Absolvent al S.N.P.S., el va fi unul dintre promotorii noului material prin folosirea lui la Arenele Romane (Parcul Libertății, București, 1906), la Palatul Parlamentului și printr-un studiu teoretic remarcabil pentru acea vreme. Cercetări recente (ICPILA București), folosind mijloace moderne de investigații pe betonul folosit la Arenele Romane, au scos în evidență:

- o compoziție foarte apropiată de cea actuală pentru beton B 200 și anume 300 kg ciment/mc și  $a/c=0,6$ ;
- folosirea unor agregate de natură silicoasă, curate, la care s-au produs aureole de reacție cu caracter favorabil rezistenței;
- o rezistență la compresiuni pe carote 310 kg/cm<sup>2</sup>.

Are cunoașterea evoluției tehnicilor de con-

strucții de-a lungul timpului numai o valoare cronologică? Credem că exemplele prezentate sînt argumente convingătoare în a răspunde că, evident, NU!

Într-o perioadă de construcții în care eposul creației și realizării este linia directoare a prezentului și viitorului, punem în mîna și în mintea celor inspirați și chemați a crea forme și soluții noi un breviar al soluțiilor încercate, care ar putea fi drumuri de urmat spre noi investigații și realizări în construcții, un îndemn de a găsi, pe mijloace locale, soluții locale.

De aceea *cunoașterea tehnicilor de construcții* într-un anumit domeniu atît de hotărîtor pentru progresul civilizației, ca cel al construcțiilor, *este nu numai necesară - ca activitate permanentă - dar constituie și o îndatorire patriotică.*

NICULAE ST.NOICA

Fig.8 Sediul Primăriei capitalei

