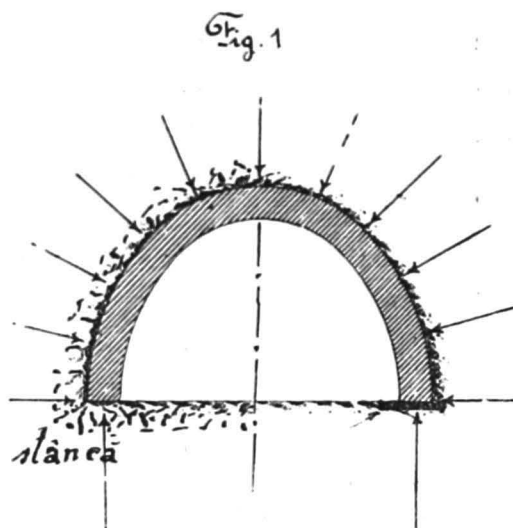


# Tunelul de la Berești

(Continuare)

## Executarea

*Sistemul ales* în executarea tunelului a fost sistemul zis *belgian*, care constă în a găuri pământul mai întâiu pentru jumătatea superioară a tunelului și a executa zidăria bolței (calota); apoi se sapă partea de jos a tunelului pentru a se executa zidăriile picioarelor și radierului.



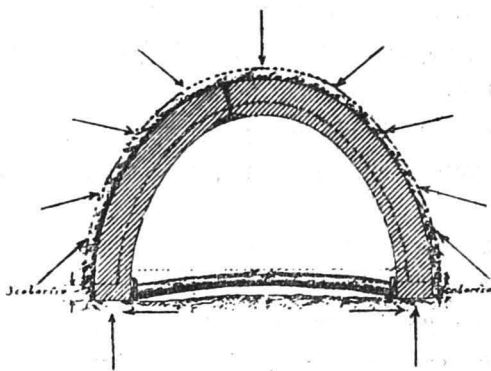
Pentru executarea zidăriilor bolței, antrepriza s'a servit de cintre de fer care rămâneau în urmă tot timpul necesar întăririi acestor zidării. (de la 10 la 30 zile).

După întărirea zidărilor bolței, se procedează la scoaterea cintrelor; iar la facerea săpăturilor jumătății inferioare a tunelului, pentru executarea picioarelor și radierului, nu începea de cât după trecerea a mai bine de două luni de zile; în acest interval de timp, bolta se razemă pe teren numai prin nașterile ei.

Acest mod de execuție reușește când terenul, pe care se realizează nașterile bolței, este destul de rezistent ca să suporte atât greutatea ei cât și sarcinile ce terenul exercită pe boltă, sau se iau precauțiuni de repartizare pe o mai mare suprafață de teren a nașterilor bolței în cazul când terenul în chestiune este compresibil, (fig. 1 partea din dreapta).

*Efectele scoborârei bolței.* — Când lucrarea ajunge la executarea picioarelor sub boltă, este de cea mai mare importanță ca efectuarea săpăturilor să se facă cu multă precauțiune și proptirea bolței cu cea mai mare îngrijire; căci ori-ce scoborâre a acesteia se traduce prin o sporire a presiunilor spre chee și o apropiere a nașterilor ei, (fig. 2) fenomene care pentru ori-ce zidărie are de efect crăparea lor la extra dosul bolței și apoi strivirea lor la intra-dos.

Fig. 2.



*Executarea betonului boltei* se făcea pe inele de 6 metri lungime; cubul betonului unui inel este de 50 m. c. și se execută cam în 6 zile.

Betonul de ciment era turnat începând de la nașteri; în această parte a bolței terenul nu dă nici o presiune pe beton; de aceia nici scândurile cari mențin terenul nu aveau longrină și proptă (bute); prin urmare pe un sfert din dezvoltarea boltei — spre nașteri — betonul nu este expus la striviri între teren și cintre.

Mai departe, pentru executarea betonului, înainte de a se scoate longrina ce susținea se punea una mai ușor de scos care să mențină terenul; betonul se executa alternativ, de-o parte și alta și trecea mai

bine de 12 ore, până ce se scotea longrina ușoară spre a se continua până la longrina imediat superioară; lucrarea mergea cu atât mai încet cu cât se apropia de cheie, din cauza greutății ridicării betonului mai sus.

Incheierea ce rezultă este că betonul având după 12 ore o rezistență mai mare ca terenul, nu poate fi vorba de strivire

*Efectul scoboririi cintrelor.* — Zidăriile bolței pot fi expuse la degradări încă din prima fază a execuției lor.

In adevăr dacă extremitățile cintrelor nu reazimă pe teren, prin intermediul unui calaj suficient ca suprafață, care să nu permită pătrunderea lor în teren, atunci zidăriile bolței vor suferi degradări înainte de a fi închise la cheie.

Ele se vor datorii scufundării cintrelor, scufundare care de regulă va avea loc atunci când zidăriile vor fi aproape de chee, din cauză că încărcarea terenului și greutatea bolței vor fi în întregime aproape suportate de cindre.

Înainte de facerea cheiei și din cauza scufundării cintrelor în acest moment, cele două părți ale bolței se vor crăpa în punctele dintre nașteri și chee, deschizându-se spre extradados (spre teren); iar din momentul facerii cheiei, dacă cindrele tot se scufundă, bolta începe a lucra și zidăriile de la rosturile de ruptură, acolo unde s'au produs crăpăturile de mai sus, sfârșesc prin a se zdrobi la intrados (fig. 3).

Este însă de observat că după închiderea cheiei, bolta suportă încărcarea, descarcă cindrele și pătrunderea lor în teren este micșorată.

Presiunea în zidării crescând după descintrare, zdrobirea de la rosturile de ruptură are loc și ajută scoaterea cintrelor.

Rezultă dar, că degradarea zidăriilor are loc din cauza scufundării cintrelor, chiar dacă cindrele sunt indeformabile.

Dacă pe lângă că nu s'a dat cintrelor un reazim suficient pentru a se opune pătrunderii lor în terenul de bază, nu s'a asigurat nici indeformabilitatea lor, atunci se mai pot ivi și degradări la cheie, datorite apropierei extremităților cintrelor, provocată de scoborârea lor cu boltă cu tot.

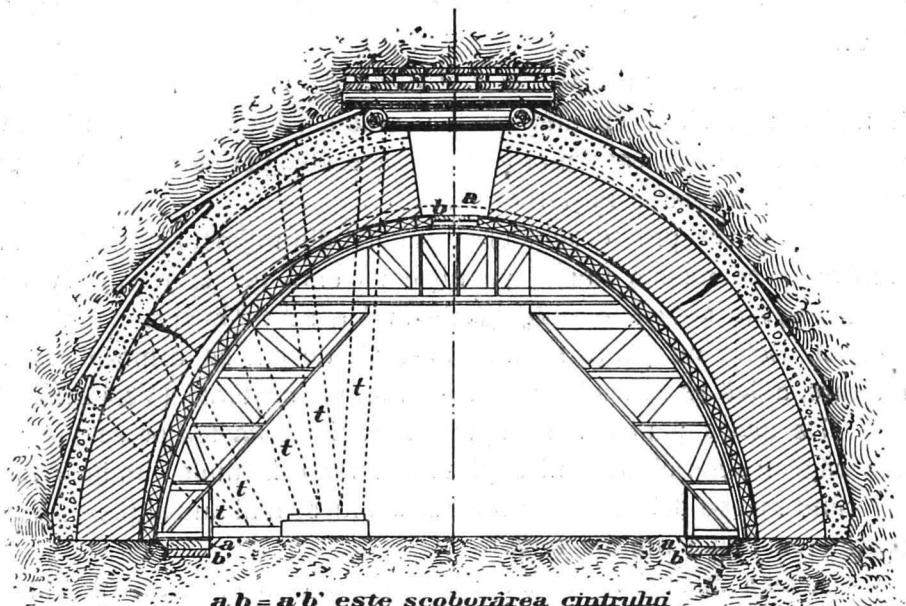
*Prin urmare, dacă calajul cintrelor e suficient ca să nu permită scufundarea lor cât timp se zidește bolta, cu atât mai mult nu va avea loc vre-o scoborâre a cintrelor din momentul facerii bolței, căci se va mai adăogi la suprafața de sprijinire a gretățiilor toată suprafața nașterilor bolței.*

Ast-fel dar principal este a se asigura ori-ce scoborâre a bolței până la descintrare, numai prin rezemarea cintrelor pe suprafață suficientă.

Pentru ori-ce eventualitate însă, (planuri de lunecare în stratificarea terenurilor) e prudent a se lua precauțiunea ca cintrele să fie și indeformabile.

Sporirea grosimei boltei la naștere este inutilă cât timp prin repartizarea presiunii cintrelor pe o suprafață mare să poate împiedica scoborârea lor.

### Efectul scoborârei cintrelor



*a b = a' b' este scoborârea cintrelui  
care are loc după ce sa scos ultima bulă t.*

**Fig. 3**

Dacă nici repartizarea greutateii pe toată suprafața disponibilă nu împiedică scoborârea cintrelor, atunci când terenul este foarte compresibil cum nu e la Berești, metoda belgiană trebuie părăsită.

*Executarea picioarelor și radierului.*— Faza de lucru cea mai grea pentru reușita lucrării este aceea a săpăturilor părții inferioare a tunelului, pentru a se completa zidăriile secției transversale, adică a picioarelor și radierului.

În adevăr în această perioadă de lucru se sapă terenul pe care s'a rezemat bolta și cintrele până aci.

Săparea terenului părții inferioare a tunelului (strosul) se face deschizându-se în axă o cunetă; iar pereții acestui stros se atacă apoi pe lungimi scurte și în zig-zag, pentru zidirea picioarelor.

Precauțiunile de luat pentru executarea picioarelor, variază după natura mai mult sau mai puțin compresibilă a terenului.

Când terenul este stâncos și fără planuri de lunecare, nu numai că bolta nu are nevoie de a rămânea pe cintre, dar nu este nevoie nici de a lua vre-o precauțiune în contra apropierei nașterilor — prin acele piese orizontale numite tiranți — căci nefind nici o scoborîre, nu este de asemenea nici o tendință de apropiere a nașterilor bolței.

În terenuri stâncoase nici pereții strosului nu au nevoie de vre-o susținere, iar execuția picioarelor se face fără nici un pericol pentru boltă.

Cu cât terenurile se vor îndepărta de cele de mai sus și vor fi mai compresibile cu atât va fi nevoie a se lua precauțiuni contra scoboririlor bolței, care mai ales în această perioadă de execuție provoacă apropierile nașterilor ei.

În adevăr prin deschiderea cunetei din mijlocul strosului, bolta rămâne a se rezîma numai pe niște picioare de teren, care dacă nu sunt proptite suficient, cedează tinzând a se prăbuși spre interiorul cunetei. Bolta nu poate să facă alt-ceva de cât să urmeze această mișcare, adică să se scoboare și să-și apropie nașterile. (Vezi schița I).

De aceea pentru a se opune apropierei nașterilor se pun, în caz că s'au scos cintrele, niște piese de lemn orizontale numite *tiranți*; iar când începe deblearea pereților strosului se mai pun și piese pentru susținerea bolței numite *butc*.

Aceste măsuri însă nu sunt suficiente dacă extremitățile butelor nu rezimă pe teren, pe o suprafață în deajuns de mare pentru a împiedica scoboririle; iar tiranții dacă sunt subțiri se vor încovoia din cauza lungimei lor mari, sau vor provoca forfecarea bolței d'asupra lor, în caz că se va spori diametrul lor, ori se vor fi luat alte dispoziții pentru împiedicarea încovoierii lor.

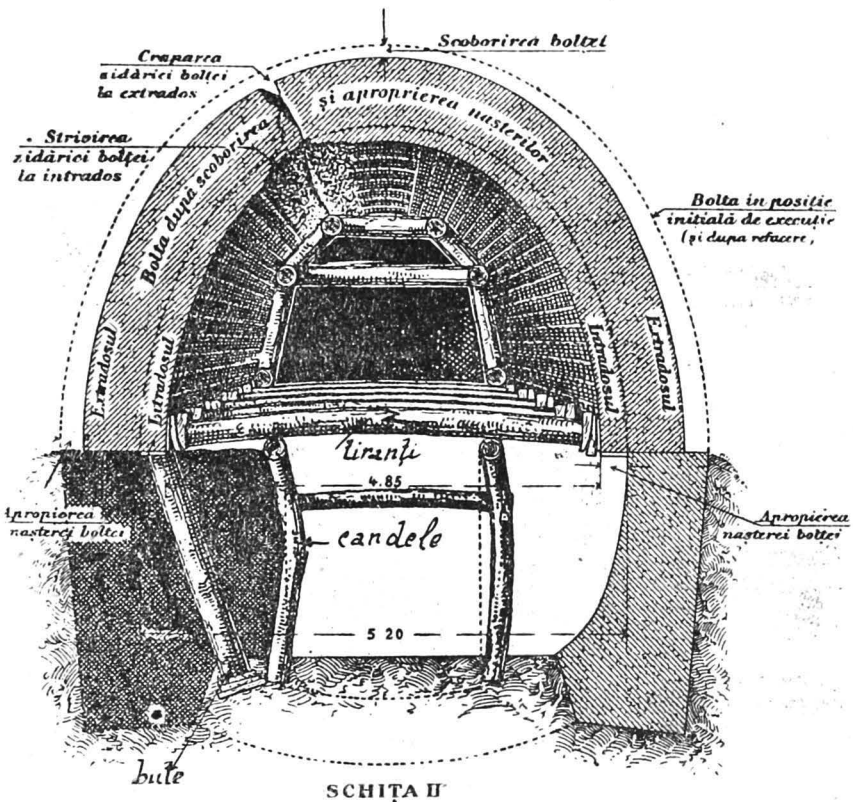
Pentru acest motiv e necesar a se păstra bolta nedescințată, — fiind singura perioadă de execuție când indeformabilitatea cintrelor servește, sau a se înlocui cintrele prin o susținere care să dea același rezultat, adică care să susție zidăriile bolței în mai multe puncte pentru a se opune forfecării, — iar nu numai cu acele piese orizontale (tiranti), care au de efect de a provoca forfecarea zidăriilor bolței în apropiere de nașteri, când scoboririle sunt mari.

*Precauțiuni esențiale de luat în perioada executării picioarelor.*

Pereții strosului sau a picioarelor de pământ pe care rămâne să se rezime bolta trebuie bine menținuți, căci cedarea acestor picioare de pământ sub greutatea boltei va avea de consecință apropierea nașterilor și deci degradarea zidărilor

În fine, la executarea zidărilor picioarelor, proptelele de lemn cu care se susține bolta (butele) trebuie să fie solide și cu o su-

Profil transversal la Km. 23 + 123  
cu zidăria boltei crăpată la extradados și străvilită la intrados



SCHIȚA II

prafată suficientă de rezim pe teren, prin ajutorul unui calaj, pentru a nu permite vre-o cedare a boltei, prin pătrunderea lor în teren.

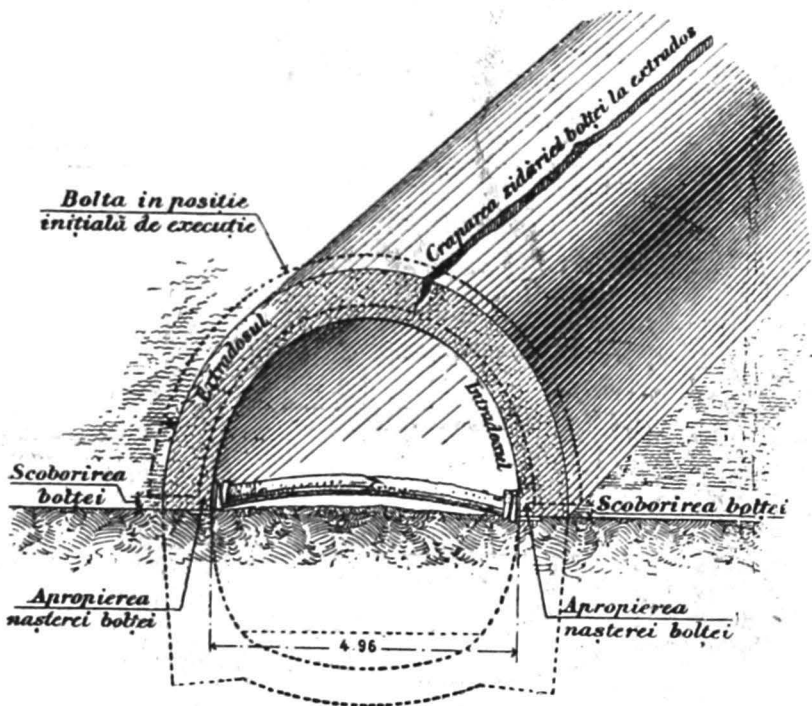
E de observat că piesele de lemn verticale puse sub tiranți numite *candele*, (vezi schița II, planșa A), în caz de scoborâre a boltei, înlesnește această scoborâre, prin faptul că contribuie la încovoierea tiranților.

Candelele sunt însă necesare pentru a menține pereții strosului; dar trebuie să fie de un diametru suficient, iar

pentru ca ele să nu producă încovoarea tiranților, trebuie completată susținerea cu lemnărie între tiranți și boltă, astfel cum se vede în fundul schiței II menționată, începând această proptire din dreptul candelor, iar nu de la extremitățile tiranților.

*Cazul terenurilor compresibile mult.* — În terenuri mult compresibile, unde prin urmare trebuie o mare suprafață de repartiție a presiunilor pe teren, executarea picioarelor prin deschiderea unui

**Profil transversal la Km. 24 + 18:**  
cu zidăria boltei crăpată la extradós fără străvire la intrados



**SCHIȚAI**

stros nu mai e posibilă, căci am distruge tocmai această suprafață de repartizare a presiunilor.

În asemenea terenuri executarea picioarelor se face atunci prin mici puțuri izolate și în zigzag, apoi cu altele între cele dintâi, până se sfârșește a se uni între ele.

*Incheere.* — Din cele de până aci se vede că scoborârile bolței se pot și trebuiesc evitate numai prin cintre și calajele pe cari se

reazimă ele, și că o repartizare a presiunilor prin mărirea suprafeței de la nașterile bolței este inutilă când terenul nu este cu totul compresibil; în urmă pentru a evita aceste scoborâri și în ultima perioadă, aceea când se fac săpăturile terenului de sub boltă pentru executarea părților inferioare ale tunelului, cintrele trebuiesc menținute până la complectarea secțiunii tunelului, dacă nu s'au înlocuit din timp prin o susținere care să aibă acelaș efect.

*Cele de mai sus fac posibilă executarea tunelului prin sistemul Belgian, dacă terenul nu este de tot compresibil, în care caz trebuie să recurgem la metoda scutului.*

**Terenul în tunelul de la Berești.** — Este cât se poate de satisfăcător, căci până în prezent cu o suprafață de reparizare de 1 m. p. 20, până la 2 m. p. 30 pe metru curent de tunel, terenul suporta foarte bine sarcinile bolței și a terenului ce încarcă această boltă.

În adevăr, pretutindeni după executarea picioarelor bolței, iar pe unele porțiuni numai după executarea bolței, neconstatându-se nici o scoborîre, trebuie să conchidem că suprafața de repartizare a presiunilor de la baza picioarelor sau de la nașterea bolței era suficientă, ceea-ce ne conduce la cifrele de mai sus, luate din planurile de execuție.

*Aceste sunt suprafețele ce trebuia să se realizeze ca suprafață de reazem a extremităților cintrelor.*

Ori suprafețele calajului întrebuințate sub extremitățile cintrelor n'a depășit nici-odată 0 m. p. 50 până la 0 m. p. 60, ceea-ce explică scoborîrea cintrelor din timpul când se executa bolta.

Iar apoi prin faptul că se lăsa bolta descintrată luni de zile, — fără ca să fi luat măsuri de mărirea suprafeței de reazem pe teren a nașterilor bolței, — să explică pătrunderea bolței în terenul de bază, mai ales ~~dacă~~ considerăm că acest teren mai era muiat cu timpul de apele ce se drenau pe la spatele bolței.

În fine, în perioada execuției picioarelor, neluându-se nici o precauțiune de a împiedica năruirea picioarelor de pământ pe care rămânea să se reazime bolta, după deschiderea strosului, — și nici nu se puneau vre-un calaj butelor de susținerea boltei, se explică de ce în această perioadă de lucru aveau loc cele mai mari scoborîri, și se înregistrau cele mai multe degradări ale bolței.

*Siguranța rezistenței în viitor.* — Dovadă că dimensiunile prevăzute în plan sunt suficiente este următorul fapt; *inelele de tunel a căror zidării au fost complect efectuate, rezistă perfect.*



Mai mult sunt porțiuni de tunel, unele cu zidăriile bolței crapate numai spre extradados, altele cu cle sdrobite de alungul muchilor de la intrados a crăpăturii în chestiune (a se vedea schițele No. 1 și 2 planșa A), care mai există și astăzi la tunelul de la Berești, — unele din ele cu o vechime de mai bine de doi ani și jumătate — și totuși nu au dat nici un semn că degradarea în chestiune ar continua.

Din aceasta rezultă că o grosime și mai mică ca cea prescrisă zidărilor este suficientă a suporta presiunile terenului traversat, cu alte cuvinte că grosimea prevăzută este mai mult ca suficientă pentru a rezista acestor presiuni, dacă zidăriile inelelor de tunel sunt efectuate fără degradări din timpul execuției.

Dacă la cele de mai sus voiu mai adăuga că nici în urma cutremurului de pământ din toamna anului 1908, nu s'a manifestat vre-o continuare a degradărilor, vom căpăta și mai mult convingerea siguranței în viitor a zidărilor prescrise, — zidării a căror rezistență, fiind dat că se execută din beton de ciment, crește cu timpul, și devine dublă după primul an de vechime.

*Rezultatul reparațiilor.* În urma celor arătate mai sus era de prevăzut că rezultatul refacerii zidărilor pe porțiunile degradate din boltă nu puteau fi de cât excelente.

Această operație având loc, numai după ce inelele de tunel erau complectate cu zidăriile picioarelor și radierului, revine ca și cum inelul de tunel s'ar fi executat de jos în sus, adică în sistemul Austriac, prevăzut și el în contract alături de cel Belgian.

Asemenea reparațiuni s'au făcut pe mai bine de 250 m. lungime de boltă, unele din ele de mai bine de un an și jumătate.

Cu chipul acesta s'a făcut dovada deplină că degradările erau provocate numai de scoborările ce boltă suferea înainte de facerea picioarelor și radierului, de oare-ce când aceste scoborări nu au mai avut loc boltă nu a mai suferit absolut nimic, deși avea aceeași grosime și aceeași natură de zidărie.

**Sistemul Belgian și tunelul de la Berești.** — Rezumând cele drătate până aci suntem în drept a spune că sistemul Belgian înseamnă numai că zidăriile tunelului sunt executate de sus în jos, adică mai întâi boltă (calota) și apoi picioarele și radierul.

Modul sau mijloacele ce s'ar întrebuița pentru a ajunge la realizarea închiderii cu zidării a unui inel de tunel, în ordinea arătată, variază după natura terenului.

A dicta sau obliga anumite detalii de execuție este a ridica ori-ce răspundere celui ce execută.

De aceea caetul de sarcini al tunelului de la Berești nu se preocupă de modul de eteiare sau susținere cu lemnărie al săpăturilor și zidărilor, nici de modul cum se va procedea la executarea diferitelor părți de zidărie ale unui inel de tunel.

Ceea-ce urmărește caetul de sarcini este numai rezultatul final, adică ca să se predea inelele închise fără vre-o vătămare din curs de execuție.

Pe aceleași considerente contractul mai lasă liber alegerea sistemului cu care să execute lucrările, și nici nu impune ca în cutare caz să întrebuițeze cutare sistem.

Speram că după aceste lămuriri date asupra planului, caetului de sarcini, de execuție a tunelului de la Berești, ori-ce inginer poate fi convins că *nu în dimensiunile prea mici ci în executarea fără destule precauțiuni*, stă cauza degradărilor ivite în zidările executate.

**M. GAICU**  
Inginer-șef