

NOTE

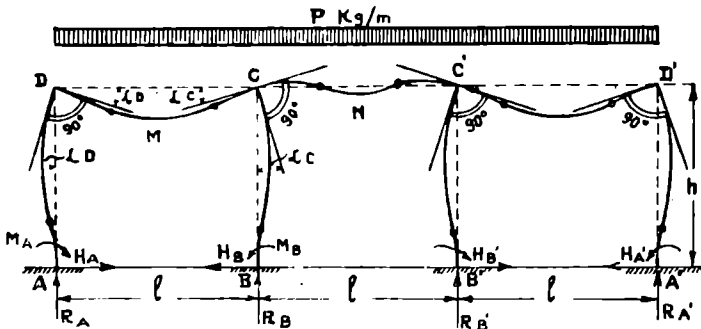
1. Calculul unui cadru

În cele ce urmează am aplicat o metodă cunoscută la un caz anumit și anume un cadru cu trei deschideri egale, cu picioarele incastrate.

În formularele lui Kleinlogel se găsesc rezolvate cadre cu trei deschideri, însă cu picioarele articulate la baza lor.

În tratatul «lui G. Magnel» *Poutres continues en béton armé*, găsim rezolvat cazul cu picioarele incastrate, însă numai pentru două sau pentru un număr foarte mare de deschideri, nu însă și pentru trei deschideri.

Cu beton armat este mai ușor să ne apropiem de condițiile teoretice la încadrare decât la articulație, în afară de cazul în care s'ar aplica aparate de reazem.



Vom adapta ipotezele din lucrarea citată a lui Magnel (pag. 30): Grinda $DCC'D'$ continuă pe cele patru coloane elastice. Nodurile D, C, C', D' nu se pot deplasa nici orizontal nici vertical (deplasări oprite de umplutura cadrului) dar se pot roti.

Stâlpii complet incastrați la piciorul lor A, B, A', B' .

Legătura între grindă și stâlpi rigidă (Unghiurile din D, C, C', D' rămân și după deformația cadrului nemodificate).

Încărcarea verticală și uniform repartizată.

Sensul reacțiunilor și deformațiunilor este indicat pe schiță.

Din uvrajul citat (pag. 30 și 31) rezultă:

$$M_D = 2 M_A \text{ (cu sensuri diferite)}$$

$$\alpha_D = \frac{M_A \cdot h}{2 E \cdot I_c} \quad (1)$$

În care E modulul de rezistență, I_c momentul de inerție al secțiunii prin stâlp față de axa normală pe planul cadrului M_A și M_D momentele din A și D.

Aceste relațiuni se aplică la toți stâlpii.

Considerăm ca necunoscute reacțiunile.

$$R_A = A, \quad R_B = B, \quad M_A \text{ și } M_B.$$

H_A rezultă din relația

$$M_D = M_A + H_A \cdot h = -\frac{1}{2} M_D + H_A \cdot h$$

$$H_A = \frac{3 M_D}{2 h} = \frac{3 M_A}{h} \quad (2)$$

$$\text{idem } H_B = \frac{3 M_B}{h} \quad (3)$$

Condiția de echilibru exterior ne dă

$$A + B = \frac{3}{2} p \cdot l \quad (4)$$

$$B = \frac{3}{2} p \cdot l - A$$

În traveea DC putem scrie relația, considerând unghiurile deasupra dreptei DC pozitive și dedesubt negative:

$$\alpha_c = \alpha_D + \int_0^l \frac{M dx}{E \cdot I_g} = \frac{M_B \cdot h}{2 E \cdot I_c}$$

în care M este expresia momentului într'un punct oarecare la distanța x de punctul D, iar I_g momentul de inerție la grinzii orizontale.

$$M = M_A + A \cdot x - \frac{3 M_A}{h} \cdot h - \frac{1}{2} p \cdot x^2 \quad (5)$$

Deci :

$$\frac{M_B \cdot h}{2 E \cdot I_c} = - \frac{M_A \cdot h}{2 E \cdot I_c} + \frac{l}{E \cdot I_g} \left[- 2 M_A + \frac{A}{2} l - \frac{1}{6} p l^2 \right] = 0$$

$$- \frac{1}{2} (M_A + M_B) \frac{h \cdot I_g}{l \cdot I_c} - 2 M_A + \frac{A}{2} \cdot l - \frac{1}{6} p l^2 = 0 \quad (6).$$

Relația care arată că punctul C nu se mișcă pe verticală este :

$$\alpha_D \cdot l + \frac{1}{E \cdot I_g} \int_0^l M (l - x) dx = 0$$

în cari M este momentul într'o secțiune la distanța x de punctul D, a cărei valoare este dată de relația (5). Inlocuind, această relație va fi :

$$- \frac{M_A \cdot h}{2 E \cdot I_c} \cdot l + \frac{1}{E \cdot I_g} \int_0^l \left(- 2 M_A + A x - \frac{1}{2} p x^2 \right) (l - x) dx = 0$$

$$\frac{1}{2} M_A \frac{h}{I} \cdot \frac{I_g}{I_x} + M_A - \frac{1}{6} A \cdot l + \frac{1}{24} p l^2 = 0 \quad (7)$$

Ultima relație o avem scriind că în traveea de mijloc rotația este dată de ecuația :

$$2 \alpha_c + \int_0^l \frac{M dx}{E \cdot I_g} = 0 \quad (8)$$

în care :

$$M = M''_c + (A + B - pl)x - \frac{1}{2} p x^2$$

$$M''_c = A l - \frac{1}{2} p l^2 + (H_B - H_A)h + M_A - M_B$$

$$= A l - \frac{1}{2} p l^2 + \frac{3}{h} (M_B - M_A) h - (M_B - M_A)$$

$$= 2(M_B - M_A) + A l - \frac{1}{2} p l^2 \text{ . deci :}$$

$$M = 2(M_B - M_A) + A l - \frac{1}{2} p l^2 + \frac{1}{2} p l \cdot x - \frac{1}{2} p x^2$$

Inlocuind în (8) avem:

$$\frac{M_B \cdot h}{E \cdot I_c} + \frac{1}{E I g} \int_0^l \left[2(M_B - M_A) + A l - \frac{1}{2} p l^2 + \frac{1}{2} p l \cdot x - \frac{1}{2} p x^2 \right]$$

$dx = 0$

$$M_B \cdot \frac{h}{I} \cdot \frac{I g}{I_c} + 2(M_B - M_A) + A l - \frac{5}{12} \cdot p l^2 = 0 \quad (9)$$

Insemnând $K = \frac{h}{I} \cdot \frac{I g}{I_c}$ ecuațiile (6), (7) și (9) care cuprind necunoscutele A , M_A și M_B devin:

$$(6) \quad -\frac{1}{2} M_A \cdot K - \frac{1}{2} M_B \cdot K - 2 M_A + \frac{A l}{2} - \frac{1}{6} p l^2 = 0$$

$$(7) \quad \frac{1}{2} M_A \cdot K + M_A - \frac{A l}{6} + \frac{1}{24} p l^2 = 0$$

$$(9) \quad M_B \cdot K + 2 M_B - 2 M_A + A l - \frac{5}{12} p l^2 = 0$$

Din (7) scoatem valoarea lui $A l$:

$$A l = + 3 M_A \cdot K + 6 M_A + \frac{1}{4} p l^2 \quad (9')$$

pe care o înlocuim în (6) și (9) obținând aceste 2 ecuații:

$$M_A \cdot K - \frac{1}{2} M_B \cdot K + M_A - \frac{1}{24} p l^2 = 0 \quad (10)$$

$$M_B \cdot K + 2 M_B + 4 M_A + 3 M_A \cdot K - \frac{1}{6} p l^2 = 0 \quad (11)$$

Din (10) scostem:

$$M_B = 2 M_A + 2 M_A \cdot \frac{1}{K} - \frac{1}{12} \cdot \frac{1}{K} \cdot p l^2 \quad (12)$$

pe care înlocuindu-l în (11) obținem valoarea lui M_A

$$M_A = \frac{p l^2}{12} \cdot \frac{3 K + 2}{5 K^2 + 10 K + 4} \quad (13)$$

Din (12) înlocuind pe M_A obținem:

$$M_B = \frac{p l^2}{12} \cdot \frac{K}{5 K^2 + 10 K + 4} \quad (14)$$

Inlocuind valoarea lui M_A în (9) se găsește:

$$A = \frac{pl}{2} \times \frac{4K^2 + 9K + 4}{5K^2 + 10K + 4} \quad (15)$$

Ecuția (4) ne va da deci valoarea lui B care este:

$$B = \frac{pl}{2} \times \frac{11K^2 + 21K + 9}{5K^2 + 10K + 4} \quad (16)$$

Relațiile (3) dau:

$$H_A = \frac{pl^2}{4} \cdot \frac{1}{h} \cdot \frac{3K + 2}{5K^2 + 10K + 4};$$

$$H_B = \frac{pl^2}{4} \cdot \frac{K}{h} \cdot \frac{1}{5K^2 + 10K + 4} \quad (17)$$

ING. VIRGIL COTOVU

2. Primele poduri între New-Jork și New-Jersey

Situația geografică a orașului New-Jork și împrejurimilor sale a impus necesitatea de a se studia îmbunătățirea legăturilor de circulație între diversele state ce alcătuiesc împreună «marele New-Jork».

Dintre diversele lucrări în studiu sau în execuție urmărind acest scop merită cu siguranță a fi așezate în prima linie prin neobișnuitele lor dimensiuni cele patru poduri peste apele despărțind New-Jork de New-Jersey.

Două din aceste poduri (Outerbridge Crossing și Goethals Bridge) au fost terminate și sunt puse în circulație; celelalte două Kill van Kull-Bridge și Houdson-Bridge sunt în curs de execuție și vor fi probabil terminate în cursul anului 1932.

1. Podurile care leagă Statul Island cu New-Jersey

Statul Island așezat la sudul golfului New-Jork și aparținând din punct de vedere politic mării metropole, formând un sector al acesteia, nu s'a putut desvolta prea mult atât din cauza dependenței politice cât și din cauza situației geografice nefavorabile.

Avântul de dezvoltare luat de «marele New-Jork» nu a putut însă trece cu vederea importanța statului Island care prevăzut cu legături de circulație numeroase poate juca un rol important în stabilirea comunicației între Brooklyn, Manhattan, Long Island și coasta de sud și de aceea însuși orașul New-Jork a hotărât să subvenționeze construirea a trei poduri care să stabilească comunicația între cele două state.

A. *Podurile peste Arthur Kill*. Pentru construcția acestor poduri au fost necesare întinse studii comparative pentru găsirea unei soluțiuni economice care să satisfacă pe deoparte interesele navigației care ajunge până la intensitatea celei a canalului de Suez, iar pe de alta ale comunicației între cele două maluri. S'au făcut studii detaliate pentru găsirea amplasamentului și pentru a se stabili dacă este cazul să se construiască un pod fix de deschidere și înălțime mare de trecere pe sub pod sau unul de mai mică înălțime cu deschideri mobile.

Soluțiunea la care s'a ajuns pentru amândouă cazurile a fost construirea a câte unui pod fix care să traverseze printr'o singură deschidere marea lățime a lui Arthur Kill, păstrându-se sub pod un gabarit de 41 m. înălțime, corespunzător înălțimei podurilor existente peste East River. Marea înălțime a podurilor a condus la necesitatea unor importante rampe de acces.

«*Outerbridge Crossing*» unește printr'o lungime de pod de 3200 m. Pearth Amboy cu Tottenville. Fără rampe de acces el are o lungime ge 640 m. constând din cinci deschideri, din care cele trei din mijloc sunt trecute printr'o grindă cu console aleasă pe considerațiuni economice. Prin deschiderea mijlocie de 228,6 m. podul aparține podurilor din grinzi cu console de mare deschidere.

Stâlpii construiți cu fundații pe piloți de lemn precum și construcțiile boltite de legătură între ei sunt construiți din beton armat și afară de o fâșie de granit la nivelul apei nu prezintă nici un fel de îmbrăcăminte. Suprafețele lor laterale sunt verticale și prezintă retrageri în trepte.

Fundațiile s'au făcut cu dificultăți din cauza plasticității terenului.

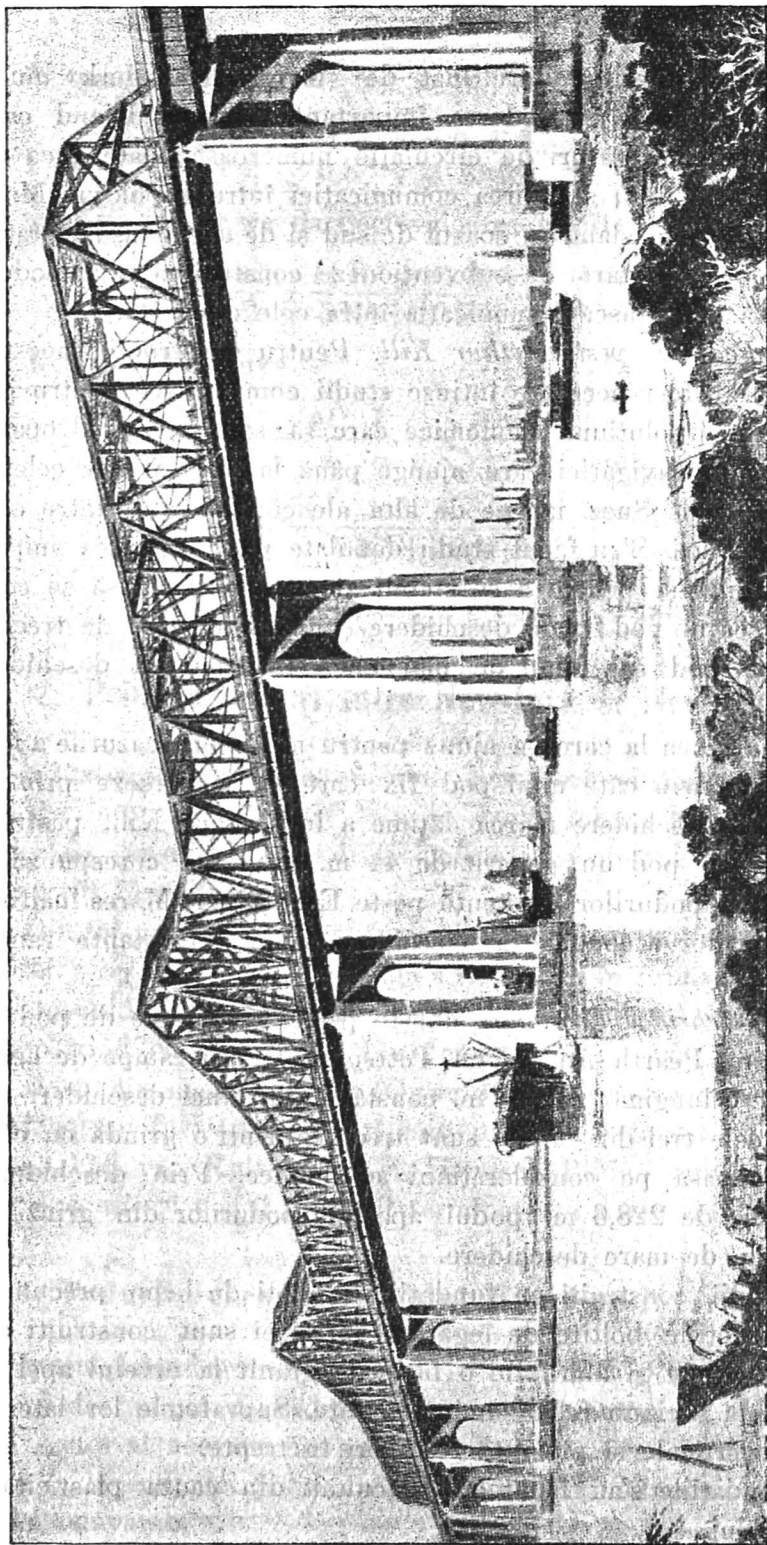


Fig. 1. — Outerbridge Crossing peste Arthur Kill

După diverse încercări s'a hotărât a se construi podul numai pentru șosea și anume pentru patru convoiuri și două trotuare de pietoni alăturate. Costul total a fost de 10 mil. dol.

«Podul Goethals» este construit dintr'o singură grindă de 205 m. deschidere cu console de 75 m. și cu rampe de acces



Fig. 2. — Podul Goethals peste Arthur Kill

după acelaș sistem ca și precedentul. Cu rampe eu tot are o lungime de 2415 m.

Stâlpii centrali ca și reazămile rampei de vest sunt fundați pe stâncă, în timp ce stâlpii pentru rampa de est sunt fundați

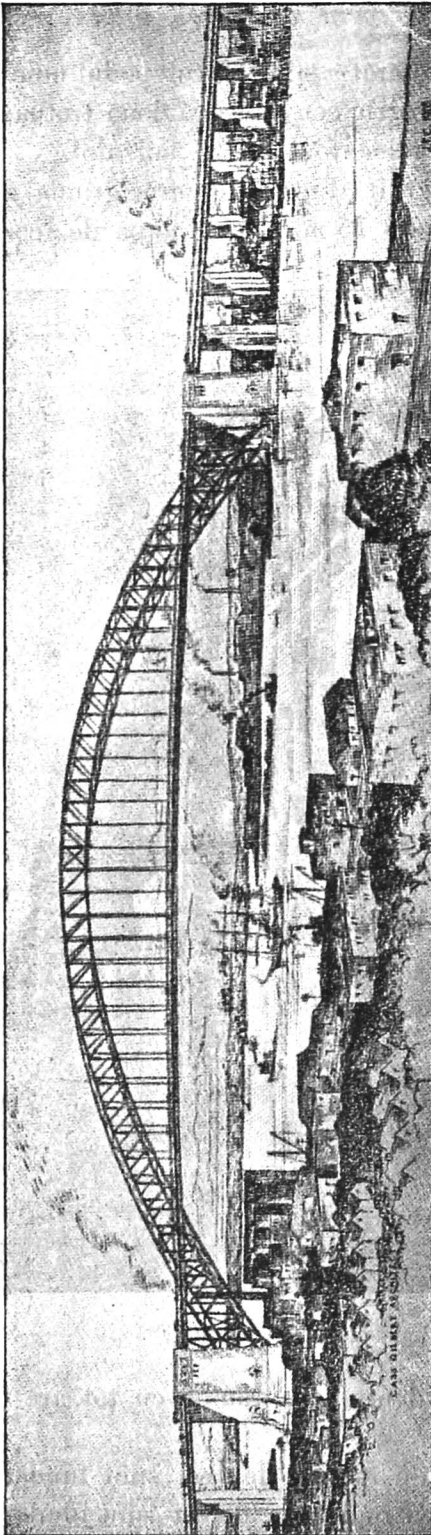


Fig. 31.—Podul peste Hudson River
(Proect)

pe piloți de lemn. La stâlpul dupe malul de est s'a întrebuințat sistemul de fundare cu aer comprimat.

Costul podului a fost de 7 mil. dolari.

Infrastructura ambelor poduri a necesitat 137.500 m³ dezidărie, suprastructura 31.750 tone de fier din care o treime oțel special.

Montajul suprastructurii s'a făcut cu o rapiditate neobișnuită după metoda cunoscută pentru grinzi cu console. Construcția metalică peste cele cinci deschideri ale lui Outerbridge Crossing a fost ridicată în patru luni în timp ce, cele trei deschideri ale podului Goethals nu au cerut decât trei luni.

Construcțiile au fost începute în 1926 și au fost terminate cu șase luni înaintea termenului prevăzut în programul de lucrări care conta pe terminarea lor la începutul lui 1929.

B. Podul peste Kill van Kull. Considerațiuni geografice au con-

duș la alegerea amplasamentului actual, studii de economie și estetică au determinat alegerea sistemului de pod în arc cu calea la mijloc, cu o deschidere de 518,5 m. și un gabarit de liberă trecere de 240 m. lățime și 41 m. înălțime reclamat în mod imperios de marea capacitate a navigației pe Kill van Kull care servește de debarcaș pentru marele golf New-York.

Lungimea totală a podului este de 2500 m.

Cele două arce executate în grinzi cu zăbrele cu o săgeată de $\frac{1}{6}$ au o înălțime la cheie de 11,4 m. iar la naștere de 20,6 m.

Culeele conțin 25.000 m³ de beton și arcul împreună cu construcția căii a necesitat 31.700 tone de fer din care $\frac{2}{3}$ oțel special: «Silicon Steel» și «Manganese Steel». Acesta din urmă cu proprietăți ca ale nichelului a fost pentru prima oară aici întrebuințat la construcții de poduri. Rampele au cerut 25.000 m³ zidărie și 17.000 tone de fer.

Podul a fost calculat pentru patru convoiuri, două căi ferate și două trotuare pentru pietoni. În prima etapă s'a construit calea numai pentru patru convoiuri și două trotoare. Dacă se va constata că nu sunt necesare cele două căi ferate se va mări șoseaua pentru șapte convoiuri.

Avându-se aceasta în vedere s'a fixat distanța între grinzile principale la 22,6 m.

Costul total pentru prima etapă este de 16 milioane dolari. O extindere a căii va ridica mai târziu costul la 18 milioane dolari. Montajul marelui arc a fost început în toamna trecută.

II. Podul peste Hudson-River

Manhattan, cel mai important dintre diversele ținuturi ce alcătuiesc orașul New-York, atât prin marea desime a populației cât și prin faptul că reprezintă un centru comercial și industrial de prima mână, deși a fost legat prin numeroase poduri (Brooklyn, Manhattan, Williamsburg, Queensborough, Tri-Borough sau Hellgate și Washington) cu regiunile de nord și est de care este despărțit de lățimile relativ mai reduse ale lui East și Harlem River, nu a fost legat până în timpul din urmă prin nici un pod cu Vestul (New-Jersey) atât din cauza marelui lățimi a lui Hudson-River cât și din cauza că

acesta din urmă formează graniță între cele două State pe care le desparte. Mărirea populației spre Vest și mereu crescândă circulație de automobile care tinde să înlocuiască destul de primitiva comunicație cu luntrile, a condus la ideea mult sprijinită din punct de vedere material de orașul New-York a construirii unui pod care să traverseze Hudson-River în partea de Nord a insulei Manhattan. Acest pod a cărui construcție a început în vara 1927 este în curs de execuție și prezintă un deosebit interes, întrecând prin deschiderea sa centrală de 1066,8 metri cu mult cea mai mare deschidere realizată până în prezent.

Amplasamentul podului, marea deschidere centrală și importanta înălțime liberă de trecere sub pod (minimum 61 m.) au fost dela început impuse de situația geografică, conformația geologică a malurilor și marea înălțime a drumurilor de acces existente, iar sistemul de pod a fost reclamat de necesitatea unei construcțiuni economice pentru o așa mare deschidere, care este în mod indiscutabil sistemul de pod suspendat.

Problema cea mai importantă ce s'a pus dela început și care grație progresului științei ingineresti și industriei a fost soluționată, este aceea a raționalei executări a diverselor părți ale mării construcții și a realizării unor soluțiuni cât mai estetice pentru detalii.

Malul de Vest stâncos și râpos a oferit mijloace naturale pentru ancorarea cablurilor, iar împrejurarea că malul continuă să fie tot atât de râpos și sub apă a determinat amplasamentul fundației pilonilor și prin aceasta deschiderile laterale de 198 m. absolut necesar simetrice din punct de vedere estetic.

Accesele, relativ scurte, sunt executate spre Vest în săpătură în stâncă, în timp ce spre New-York se termină într'o construcție monumentală înglobând și ancorajele într'un tot armonios. Suprafețele de beton sunt estetic acoperite cu plăci de granit. Porțiunea din Manhattan până la Harlem River va trebui să fie refăcută pe toată lățimea, spre Vest din cauza importantelor dărâmări de imobile, spre Est prin construirea a două tuneluri pentru vehicule, dintre cari unul va trebui

să fie gata abea după 2 ani dela terminarea podului. Rampa principală de acces, de 44 m. lățime și 3,8% pantă, se termină într'o piață subterană sub Broadway în care se termină și cele două tuneluri pomenite mai sus. Celelalte drumuri de acces capătă panta maximă 10,5% iar străzile de sens unic o lățime minimă de 6,7 m.

În New-York unde s'a făcut o mare săpătură în stâncă s'a prevăzut la sfârșitul rampei principale vama cu o serie întreagă de case pentru birouri. Tot aci debușează șase șosele naționale cu foarte întinsă circulație de vehicule.

Marea circulație spre pod a dat naștere la studii amănunțite în ceiace privește piețele în care debușează de ambele părți drumurile de acces.

În secțiunea transversală, podul are două căi suprapuse. Călea superioară, destinată exclusiv circulației de

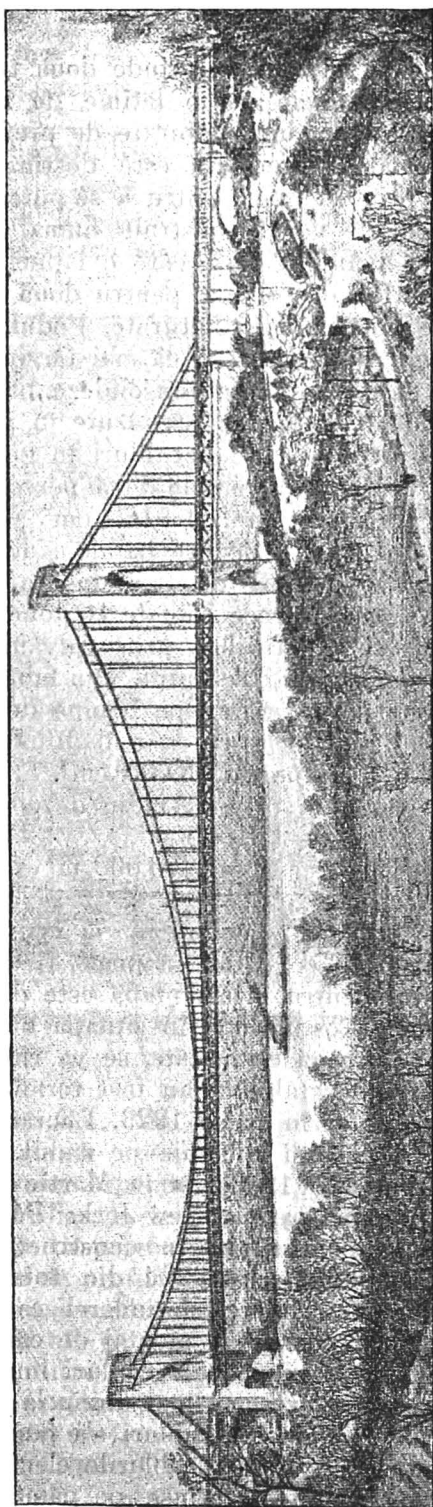


Fig. 4. — Podul peste Hudson River
(Proiect)

vehicule și pietoni, cuprinde două trotuare și trei șosele din care cea mijlocie are o lățime de 12,20 m., oferind spațiul pentru 4 convoiuri alăturate, de preferință de vehicule de persoane. Calea inferioară este destinată C. F. de mare viteză. Într'o primă etapă pentru a se putea da cât mai curând podul în circulație vor fi construite numai cele două șosele superioare laterale având fiecare câte o lățime de 7,30 metri și putând oferi astfel destul loc pentru două camioane sau trei automobile de persoane alăturate. Podul este însă calculat pentru întreaga capacitate așa că mai târziu poate fi completat fără a mai fi nevoie să se consolideze părțile de susținere.

În locul lanțurilor prevăzute în primul proiect, ca organe de susținere servesc 4 cabluri în grupe de câte 2 de fiecare parte. Distanța între cele două perechi este de 32,3 m. Fiecare cablu are o secțiune de 5160 cm² și un diametru de 91,5 cm. conținând 26.474 de fire paralele de 5 mm. diam. ceea ce face în total o lungime de fire de cca. 170.000 km. Rezistența firului întins la rece este de 16 tone/cm². Ca protecție contra ruginii, se dă firului, prin galvanizare într'o baie caldă, o îmbrăcăminte de zinc curat. Din fabrică firul pleacă în lungimi de 1200 m. înfășurate pe bobine de câte 48 km.

Pilonii de fier sunt de o înălțime de peste 180 m., fiecare având o secțiune de 73.600 cm².

Săpăturile în primul stadiu de construcție au atins aproximativ cifra de 230.000 m³.

Zidăria a necesitat 270.000 m³ de beton și 15.000 m³ de granit.

De aci încolo vor trebui să mai fie montate 95.000 tone de fier până ce podul să poată fi deschis circulației.

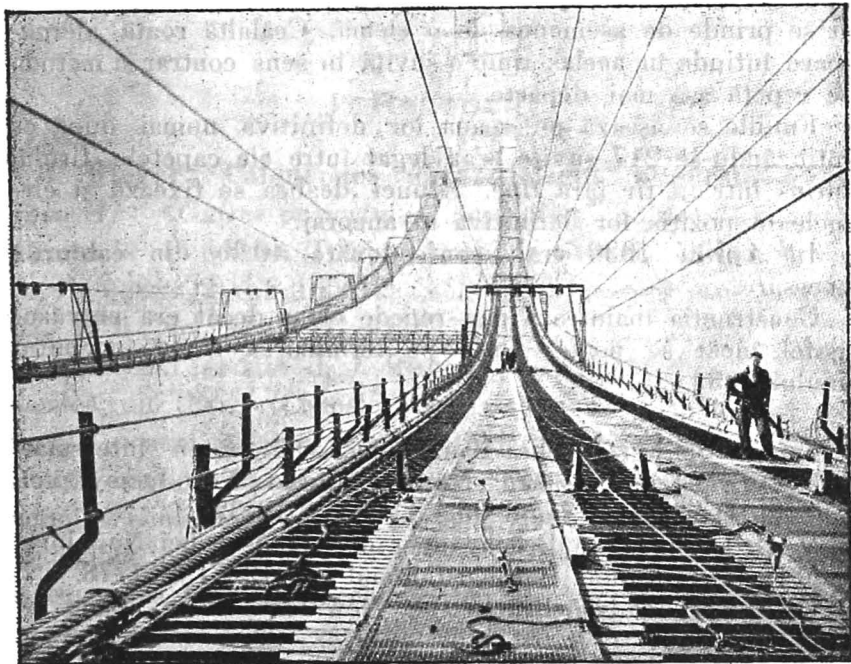
Costul pentru prima etapă este de aproximativ de 60 mil. de dolari. Costul total în situația definitivă, inclusiv accesele pentru întreaga capacitate, se va ridica la 75 mil. dolari.

Fundațiile stâlpilor au fost terminate în 1928, suprastructura pilonilor în Iunie 1929. Lucrările de săpătură în stâncă pentru accese și ancoraje pe malul New-Jersey au fost terminate în Mai 1929, iar în Martie acelaș an au fost gata și ancorajul pe partea New-Jork. Până în Aprilie 1930 erau preparate pentru pus în construcție 26.000 tone de cablu, care reprezintă cca. 92% din totalul de material necesar. Înainte de începerea întinderii cablului principal s'au construit două poduri de montaj de câte 8 m. lățime suspendate de câte două grupe de 9 cabluri împletite de 73 mm. fiecare. care cabluri vor servi mai târziu la suspendarea căii podului.

Întinderea acestor cabluri s'a făcut în modul următor: Au fost aduse pe șantier cablurile elementare tăiate la lungimea lor exactă, au fost întinse pe pământ în deschiderile laterale

până la piloni unde au fost legate provizoriu cu cele din deschiderea centrală corespunzătoare.

Acestea, înfășurate pe bobine, sunt încărcate pe vapoare speciale, prin a căror deplasare firul este desfășurat pe lățimea fluviului. Pe malul celalt se leagă capătul liber de capetele corespunzătoare ale cablului din deschiderea laterală în același mod ca pe malul opus. Se ridică apoi funiile pe șeile provi-



Fid. 5. — Stadiul actual al construcției podului peste Hudson River

zorii depe piloni și se înlocuiesc legăturile provizorii prin legăturile definitive de tensiune, dându-se prin manevrarea șurubului de tensiune lungimea prescrisă.

După aceasta s'a construit suspendându-se pe grinzi transversale din țevi, podul auxiliar, în trepte și platforme pentru deschiderile laterale și plan în porțiunea mijlocie, în care este suportat pe grinzi metalice de profil normal suspendate direct pe cablu. Podurile de montaj sunt contra vântuite atât prin cable speciale suplimentare cât și prin paserele transversale ce servesc la comunicația între cele două poduri de montaj.

Confecționarea cablului principal (in curs de execuție) se face după metoda cunoscută de împletire în aer liber a casei John A. Röbling, Fii, din Troton (New-Jersey).

Fiecare din cele patru fire fără sfârșit, fixate pe capre pe podul de montaj, (corespunzătoare celor patru cabluri ce trebuiesc confecționate) antrenează în mișcare 2 tambure alergătoare fixate pe el, cari în momentul inițial sunt în același timp la bobina de pe malul respectiv. Se fixează provizoriu un capăt al unei bobine, spre exemplu pe malul New-Jersey, se petrece firul după o clemă pe mal și apoi pe tamburul alergător. Prin înaintarea acestuia din urmă se întinde până pe malul opus o șuviță care ajunsă la destinație se scoate dupe tambur și se prinde de asemenea de o clemă. Cealaltă roată alergătoare întinde în același timp o șuviță în sens contrar și metoda se repetă așa mai departe.

Funiile se așează pe seaua lor definitivă numai după ce întinzându-se 217 șuvițe, s'au legat între ele capetele firului întins într'un fir fără fine. Atunci deabea se fixează și clemele în poziția lor definitivă în ancoraj.

În Aprilie 1930 erau confecționate 40 % din cablurile necesare.

Construcția înaintează mai repede chiar decât era prevăzut astfel încât se poate conta pe terminarea ei la începutul anului 1932.

După: Schweizerische Bauzeitung, Die ersten interstaatlichen Brücken zwischen New-York und New-Jersey, von Ing. O. H. Amman Band 95; S. 285, 310, 325.

V. D. I. Die erste Brücke über den Hudson bei New-York, von Dr. Ing. Rudolf Bernhard, Band 71 (1927) S. 1773.

Die erste Hudson-Brücke bei New-York, idem, Band 73 (1929) S. 1504.

Versuche am Druckstäben aus drei verschiedenen Stahlsorten in den Vereinigten Staaten von Amerika, idem Band 74 (1930) S. 379.

Die erste Hudson Brücke bei New-York, idem Band 74 (1930) S. 1366.

ING. ADRIAN BUȘILĂ