

鋼橋の發達 [一]

青木楠男

は し が き

今日隅田十大橋の一つとして其美しい弧形を互に競つてをる、永代橋、厩橋、さては目下工事中の吾妻橋、これ等が吾橋梁技術者にとつて其構造上から見ても、又其用材上から見ても現今橋梁技術の尖端を行くものとして多大の興味を興へるものであるが、これと同様に復興事業によつて、はかなくも取り毀はされてしまつた舊橋も亦、全く異つた意味に於て感興ををよることの大なるものがある。

抑も吾妻橋が出来たのが明治二十年一月(1887年)、厩橋が明治二十六年四月(1893年)、永代橋が明治三十年(1897年)で、石川島造船所、清水組其他の工作施工になり、使用鐵材は主に米國製品を用ひてをる。

筆者は偶然のことから前二橋の架換に當つて其鐵材の強度試験を行ふの機會を得た、下表は其試験結果である。

橋名	降伏點(kg/cm ²)	破壞強度(kg/cm ²)	伸長度(%)	彈性率(kg/cm ²)
吾妻橋	1,930	3,330	25.6	
厩橋	2,537	3,647	30.3	2,061,000

(既橋は試片數 5 箇の平均、吾妻橋は 6 箇の平均)

孰れも現今吾々の使用してをる鋼材に比して遙かに軟質のもので、其伸長度は 50 乃至 80% 大きく、其破壊強度は 2) 乃至 80% 小さい。吾妻橋はこの試験結果をまつまでもなく其架設の年代から考へて鍊鐵橋であることは首肯出来るし、既橋については強度試験の結果並びに鐵材が極めて容易に鍛接し得たる點、組織の甚しく纖維状であつたことから考へてこれが鍊鐵橋であつたことは疑ひを入られぬ。

元來米國で鋼鐵が最初に橋梁に用ひられたのは 1874 年セント、ルイスのイーヴ橋であり、1890 年には今日の型鋼が鍊鐵と同様の價格で市場に現はれ、1895 年には鍊鐵はもはや過去の橋梁用材となつてしまつてをる。

この點から考へて本邦最初の黒金造の名橋として當時の耳目を驚ろかしたこれ等の諸橋は世界橋梁史上から見て、鍊鐵橋と鋼鐵橋との過渡期に造られたものであることがわかる、既橋と僅か三年違ひで出来た永代橋はもはや鋼鐵橋と云はねばならぬ程度に鋼が用ひられてをる、斯くの如く極めて手近かな點に、橋梁發達史上の急激な進歩をあからさまに見ることの出来ることは、極めて興味ある事實と云はねばならぬが、更に更に大なる橋梁技術の進歩がこの時代から今日までの四十年間に續らされてをる事を見逃してはならないのである。

1874 年にイーヴ橋が 520 呎の長徑間拱をもつて世人を驚かしたのであるが、今や 1800 呎に近い二大鋼拱橋がソドニー灣頭とニューヨークのキル、バン、キュールとに相呼應して其勇姿を誇らんとしてをり、1888 年に 1595 呎のブルツクリン吊橋がイースト河を跨いだ時に世人はローブリング父子の功績を何物にも換へ難く譽め稱へたのであつたが、50 年後の今 4600 呎に達する大吊橋は永く世界大戦役を紀念せんがためにリバーイー橋の名をもつてニューヨーク港口に飾られ

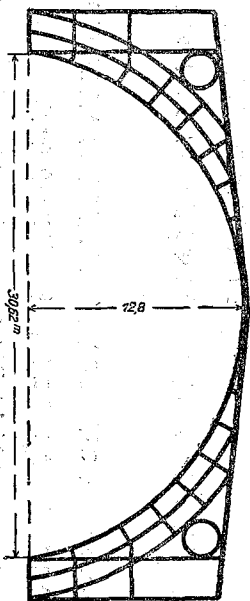
んとしつゝある、更に鋼の強さを考ふるならば1900年に所謂中鋼橋時代に入つてから後1907年にはニツケル鋼橋、1915年にはシリコン鋼橋、更に高炭素鋼橋、マンガン鋼橋の出現となり、吊橋の鋼索に至つてはブルツクリン橋とリベンジャー橋との間には50%の強度の進歩がある。

然らば鋼の強さはどこまで増すか、橋の長さはどこまで延びるだらうか、これは重大な問題であつて輕々しく斷案の下さるべき性質のものではないが、筆者はこゝに鐵工業並びに鋼橋發達の跡を顧み、進んで最近に於ける橋梁技術界の進歩發達の概況を記述して以つて鋼橋の將來を卜するの資としたいと思ふものである。

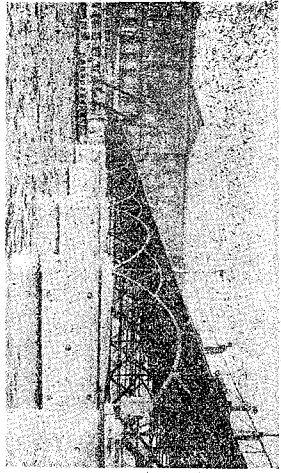
鑄鐵橋—鍊鐵橋—中鋼橋

鑄鐵の變遷 橋梁用の鐵材が今日の發達に至るまでの道程はどうであつたか、歐洲にて鑄鐵が工業的に製造されはじめたのは15世紀に入つてからであり、鍊鐵のロールド、シェーンが現はれたのが1783年、ペセラー製鋼法の發見が1855年、ついでオーブレン、ハース製鋼法の發明となり、1890年後にはこの方法の目醒しい進展につれて鍊鐵はかじめな連さで橋梁界から驅逐されて仕舞つた様である。

鑄鐵橋時代 以上の如き鐵鋼の發達進歩に伴つて鐵鋼橋の型式が漸時變化して行つたことは自然の結果と云へよう。



第一圖 Coalbrookdale 橋 (1777)



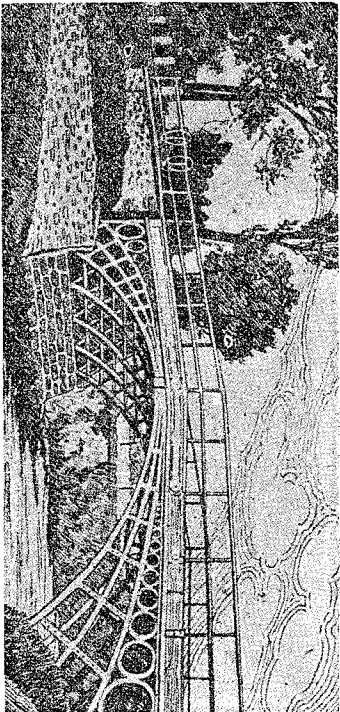
第二圖 Pont des Arts (1800)

Pont Jardin du Roi, Pont du Cron の三橋であつてこの中完成せられて今日まで残つてをるものは第二圖に示す Pont des Arts のみである、花車な歩道橋で Didon の設計と傳へられてをる。

獨逸では英國の Sunderlund 橋と同時代に Calbrook dal 橋とほぼ同型で徑間壁かに13米のものが、Laasam の Strigauer 河に架せられ今日獨逸最古の鐵拱橋として保存されてをる第三圖は同橋の全景である。

先づ 1777 年世界最初の鐵橋たる Coalbrookdale 橋が、英國 Severn 河上に Abraham Derby によつて架設せられた、徑間 100 呎の鑄鐵拱橋で 150 年後の今日尙舊態を存してをる點に於て特筆すべきのと思ふ第一圖は其外形を示したものであるが、かなり優美な弧線を有してをる。續いて英國では Welford 或は Thomas Paine 氏によつて Builders 橋、Sunderlund 橋等が造られ、初期の鑄鐵橋に於ては英國が斷然先頭を切つてをる。

英國に於ける鐵橋架設の成功を聞いたナポレオン一世は 1799 年巴里のセヌア河上に三つの鐵橋の建設を命じてをる、即ち Pont des Arts,



第三圖 Strigauer 橋 (1796)

米國では 1787 年に Thomas Paine が鑄鐵橋の建設を説いてをる様であるが何故かこの時代には其實現を見なかつた。以上は鑄鐵橋時代の初期に於ける歐米の大勢であつて下表はこの時代の主要橋を掲げたものである。

初期の鑄鐵拱橋

年代	橋名	徑間	國別	架設箇所	設計者
1777	Coalbrookdale 拱橋	100'-6"	英	Shropshire, Severn 河	abraham Derby
1796	Buildwas 拱橋	130'	英	D rham, Sunderland I wear 河	Tullford
1796	Sunderland 拱橋	236'	英	Bei Laasan in Schlesien	Thomas Paine
1796	Strigauer 拱橋	130"	獨	Seine 河 Paris	Dilon
1800	Pont des Arts	56'-8 3/4"	佛	"	Lamande
"	Pont Jardin du Roi	105'	佛		
"	Pont du Cron				

この時代から後約 100 年は鑄鐵橋時代であつて歐洲各地に架設せられた鑄鐵拱橋の数は夥しいものであつた、この種のものゝ最後を飾るものとしては倫敦の Batawsea 橋を挙げねばならぬ、1886 年の建設 Joseph Bazalgeth 氏の設計で 100 呎 2 徑間、140 呎 2 徑間、165 呎一徑間の大拱橋で Thames 河を Albert 橋の上流で越えてをる。

鍊鐵橋時代 鑄鐵橋時代の約 100 年はかなり永い年月と云はねばならぬが、この初期時代 1800 年にすでに鑄鐵の強度に對する不満と、鍊鐵製の型鐵の出現によつて鑄鐵の領域は侵蝕されはじめをつた、鍊鐵の應用として先づ現はれたものが吊橋の索條であり、ついで木鐵混用橋の抗張材として、又は抗壓材に鑄鐵、抗張材に鍊鐵を使用した混用橋への遷

用である、下表にはこの種のものゝ著名なものを掲げた。

初期の鍊鐵應用橋

年代	橋名	徑間	橋種	架設箇所	設計者又は施工者	備考
1769	(米國最初の吊橋)					
1810	Newbryort 橋	244'	吊橋	Jacobus-creek Newburyfort	James Finley John Templeton	Withon Loop使用
1826	Menai 橋	580'	吊橋	英國 mcnai 海峽	Telford	
1826	Conway 橋	327'	吊橋	英國 Conway 河	Telford	Conway 古城
1825	Sophien 橋	250'	吊橋	奧國 Danau 運河		
1827	Hammersmith 橋	3 徑間 430'	吊橋	倫敦 Thames	Clark	
1840	Erie 運河橋	777'		米國 Frankfurt N.Y		
1841	Square Wipple truss					
1845	How 鐵道橋	344'		米國 P. ill & Ral 鐵道	Trumbull	

第四圖、第五圖は上記の Newburyport 橋及 Menai 吊橋であるが、前者は鐵鎖を吊索として用ひ、後者は總長 1710 呎幅 12 呎の車道二通、幅 4 呎の歩道一通を有してをる。

これ等の混材橋に續いて作られたものがあの有名なる Tubular Bridge である。全鍊鐵橋の最初のものとして橋梁史上に特筆すべきものであらう。即ち

1840~1848 Conway 橋 1 徑間 400 呎 wales (英)

1846~1850 Britannia 橋 4 徑間

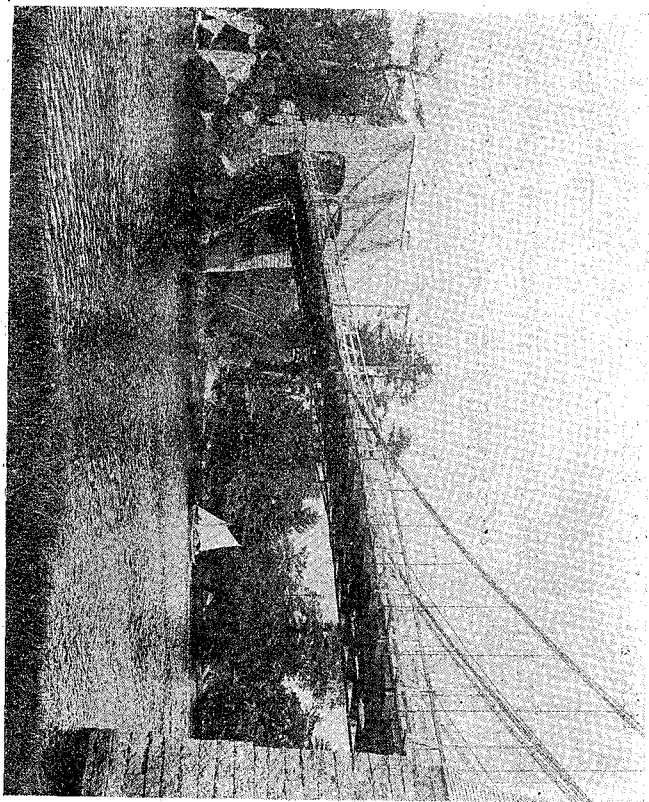
最大 400 呎 wales (英)

1854~1859 Victoria 橋 25 徑間

最大 380 呎 Montreal (カナダ)

で孰れも同型の構造で箱型鍊鐵鈎桁の中を列車が通る様になつてを、第六圖は其斷面を示し、第七圖は Britannia 橋の外景を示したものである。

これ等の鍊鐵鈎桁橋に稍遅れて鍊鐵絞構橋が現はれてをる最初のもものは 1845 年に英國に架設せられ平鐵材を 45 度の傾斜に銜接して鈎桁に代つたものである、獨逸では Henz がこれに似たものを試みてをる徑間 10 米の Neisse 橋は其最初

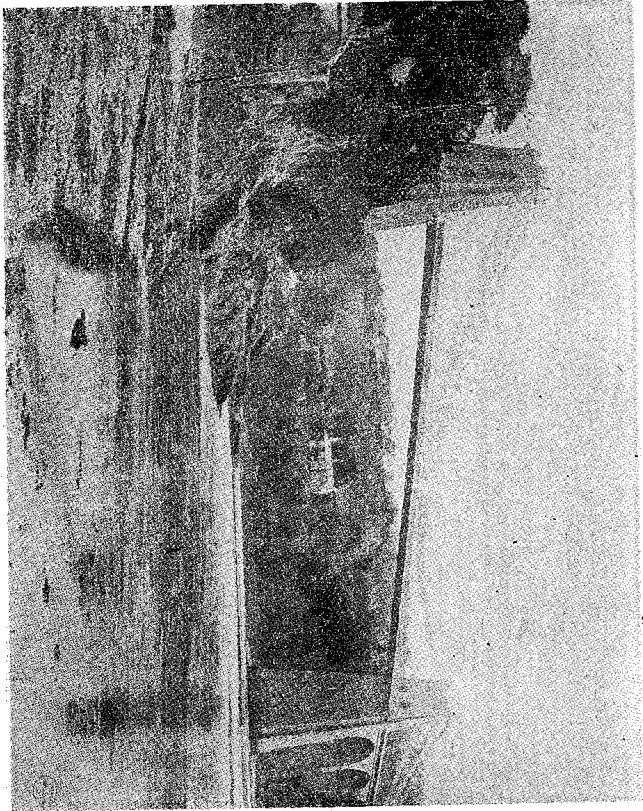


第四圖 Newbury port 吊橋 (1810)

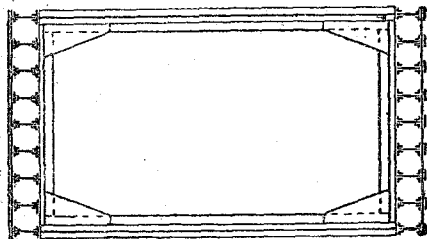
のものであらう。更に 1850 年~1855 年の間に次の様なものが架設せられてをる。

1850~1857 Dirschau 鐵道橋

6 徑間 121 米



第五圖 Metal 吊 橋



第六圖 Britania 橋の斷面

1850—1857 Marienburg 橋 2 徑間 97.9 米

1855 Cöln の Rhein 鐵道橋 4 徑間 98 米

1858 Kahl の Rhein 鐵道橋 3 徑間 60 米

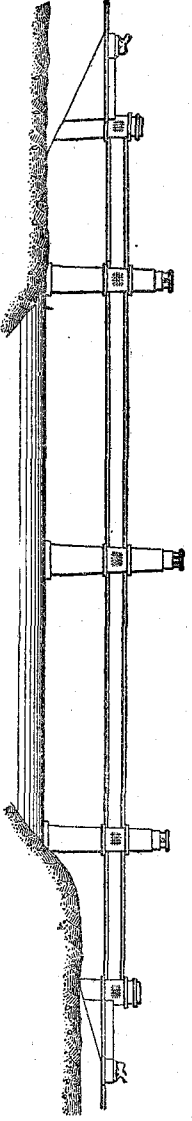
Cöln の Rhein 橋は1909年の夏まで約60年の間 William 二世と四世との騎馬像を其橋門に載いて Rhein の一異觀であつた。第八圖は其全景を示したものである。

この時代から1890年まで約40年間に鐵鐵橋時代と稱すべき期間であつて、製鋼法の改革に出會して鋼に其位置を譲るまで鐵鐵が橋梁用材の主役を演じてをつたのである。同時代の最後の頁を飾るものとしては

1887—1889 Paderno viaduct over the Adda (伊) 徑間 492' 鐵道人道橋

1891—1892 Grinenthal 橋 (獨) 徑間 513' Kaiser Wilhelm 運河 鐵道人道橋

1893—1894 Levensau 橋 (獨) 徑間 536' "



第七圖 Britania 橋 全景 (1850)

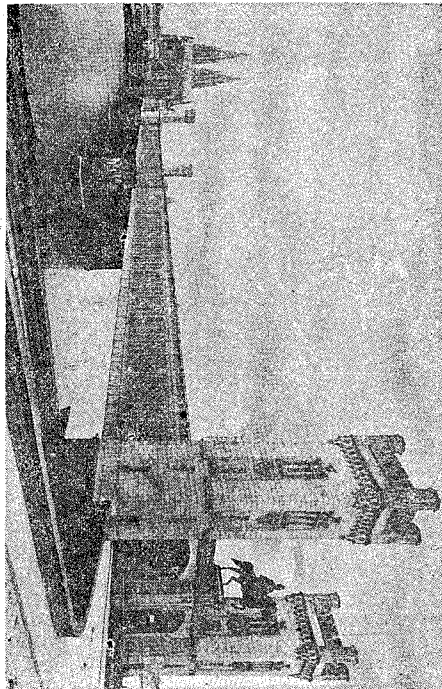
を擧ぐべきであらう。第九圖、第十圖、第十一圖はこれ等の橋の外観を示したものである。

中鋼橋時代 かくして1890年頃から今日の中鋼橋時代に入るのであるが、鑄鐵が鍊鐵に變つた時と同様にこの間に過渡期がある。

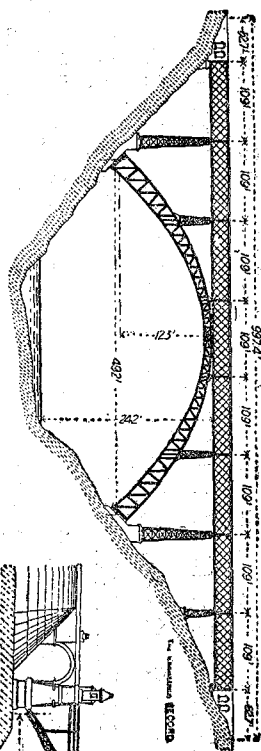
最も古い鋼鐵の應用は1828年の Wien, Donau 運河に架設せられた Karls 橋であつて、鍊鐵の最初の應用と同じく吊橋の主索として用ひられてをる、併し普通最初の鋼鐵橋としてはこの橋は省いて1874年に出來た軌道の

Eads 橋を擧げてをる、吾等の先進技術者の鬼才と豪膽との紀念とし永遠に傳へらるべき橋の一つであらう。St. Louis にて Mississippi 河を跨ぐ鋼拱橋、502呎、520呎、502呎の3徑間よりなり Captain James B. Eads が彼の半生の健康と氣力とを犠牲にして、世人の罵詈褻笑と闘ひつゝ完成した偉業の賜物である、半世紀後の今日尙鐵道橋、電車橋、公道橋として、近代橋梁と伍して何等の遜色を認められない。

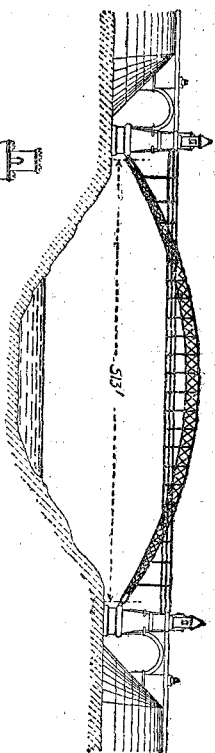
使用鋼材は Chrome 鋼であつて、最初の鋼橋としてのみならず、最初に特殊鋼を應用せる點にて特筆しなければならぬ橋である、鋼材の仕樣破壞強度 每平方呎 100,000 封度、性彈限度 每平方呎 40,000 封度、許容應張強度 每平方呎 20,000 封度を採つてをる。鋸結管狀部材の最初の應用、橋脚基礎への Pneumatic caisson の最初の應用も亦見逃すことの出來ぬ特



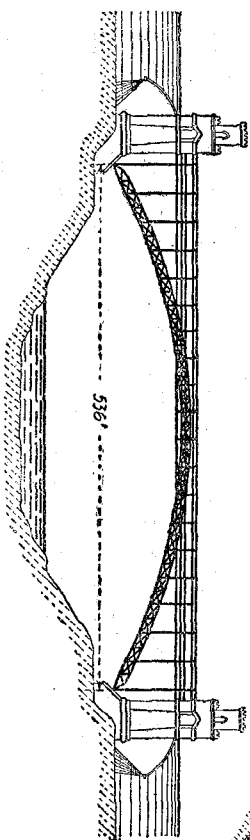
第八圖 Cöln の Rhein 鐵道橋(1855)



第九圖 Paderno 橋 (1889)



第十圖 grumental 橋 (1892)



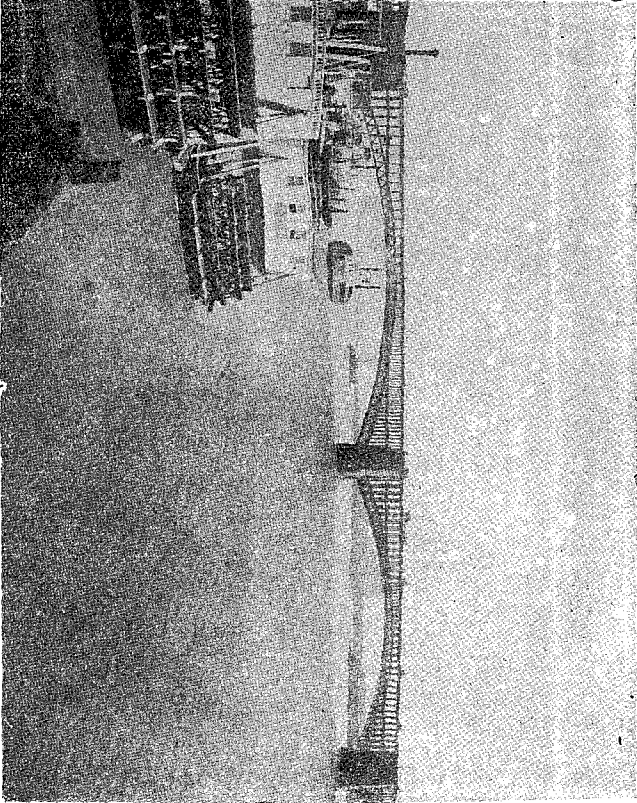
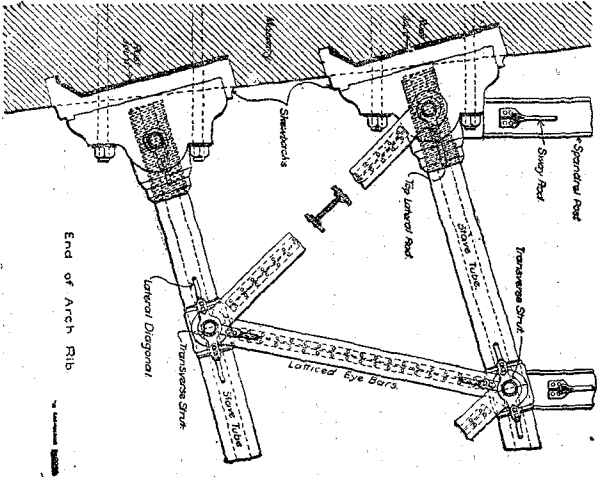
第十一圖 Lavichsau 橋 (1894)

長である。第十二圖は同橋の外観、第十三圖は起拱點の構造を示す。

本橋の第一徑間の架設に際し Closing member を豫期の如くに填入し得ずとの報告をうけた當時倫敦滞在中の Eads が "Pack the arch in ice, advise when closed" と命令して最後の部材のはめ込みに成功したことは當時の逸話として云ひ傳

へられてゐる。

この過渡期を経て所謂中鋼橋時代に入るのであるが、其初期に於ける著名橋としては



第十三圖 Tats 橋の拱端

第十二圖 Tats 橋 (1874)

- | | | |
|-----------|--------------------------|------------------------|
| 1886—1889 | Washington 道路橋 徑間 509' | New York Harlem 河 (米) |
| 1890 | Forth 橋 | 徑間 1700' Forth 海門 (英) |
| 1893—1897 | Kaiser-Wilhelm 橋 徑間 590' | Wuppertal Mungsten (獨) |
- を擧げねばならぬ。

中鋼橋時代に入つてここに40年を経てをる、鍊鐵橋時代が1850—1890年の40年であつたことを考へると、中鋼橋時代もすでに短かからざる年月を経たものと云はねばならぬ、やがて新たな鋼の時代が来るのではあるまいか。

今顧つて今日の中鋼の特性を考へて見たい、其耐久性、其靱性其弾性はたまた其可鍛性は、中鋼橋時代に入つて其理論に於て、其技術に於て過去に見ること出来なかつた長足の進歩をなし遂げた橋梁技術界の要求に充分なる對應性を有してをるであらうか、これは甚しい疑問であると云はねばならぬ。

鑄鐵から鍊鐵から中鋼へと冶金術の發達に伴ふ材料の進歩は自ら橋梁形式の改良進化を促して今日の狀態に至らしめたのであるが、今や時代は逆となつて橋梁理論の進展、續出する長徑間橋の計畫とは、よりすぐれたる材料の經濟的産出を切望して止まない存続となつてをる。

然らば今日中鋼使用が如何なる點に於て不備を感じしめつゝあるか、これは大體次の二點に存してをる。

1. 強度の小なることが長徑間に於て大なる應力をうるものに對しては部材斷面過大となり、従つて複雑な大なる連結細部構造を要し其設計、製作、架設に甚しい困難を感ずること。

2. 1の結果としての死重の増加は運搬、架設等に多大なる費用を要するのみならず、強度の大部分を自重を支ふるため

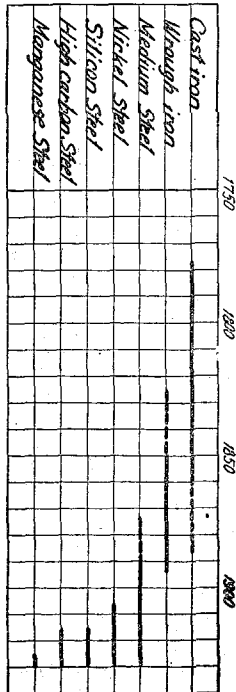
に用ひざるべからざること。

この缺點を補ふものとして次に現はるべき新しき鋼材は其強度の充分覆れたるものたることは勿論であるが、これと伴つて少くも中鋼或は夫れ以上の可鍛性、弾性、耐久性を有するものでなくてはならぬ。

この要求に應じて先づ現れたものがツクル鋼で、ついでツルコン鋼と高炭素鋼(處理せるものを含む)の進出を見、最近に至つてはマンガン鋼、エニオン鋼、等と夥しい新材料の出現を見てをる。

これ等の特殊鋼は各其特性に於て其經濟的價格に於て異つた立場をもつてをる、従つて今後孰れの材料が橋梁技術界を支配するに至るかは、今日多少の消長は見られると云ふものゝ、確實には斷定することが出来ない、吾々橋梁技術者にとつては極めて興味ある問題であると同時に、孰れの材たるを問はず優秀なる新鋼材の安買なる供給をうけけるの日の近からんことを希望して止まないものである。

以下今日までに現はれたるこれ等特殊鋼の性質と應用の範圍を略述して見たいと思ふ。第十四圖は鑄鐵橋時代から今日に至るまでの變遷を圖表に示したものである。(未完)



第十四圖 鑄鐵橋より特殊鋼へ