

橋 梁 工 學

Bridge Engineering

第 1 章 總 論

第 1 節 橋梁の種別

Classification of Bridges.

§ 1. 橋梁の種別.

橋梁の種類は甚だ多く之を種々なる方面より區別する事が出来る。

(a) 使用目的に依る種別.

鐵道橋 Railway bridge.

公道橋 Highway bridge.

水路橋 Aqueduct.

等である。

鐵道橋とは鐵道線路中にある橋梁であつて主として鐵道専用橋である外國には便宜上一部分を一般公衆の通路に當てたものがある、公道橋とは一般公道中にあるものであつて市街にあるものと然らざるものとに依つて市街橋 City bridge と郊外橋 Country bridge とに區別する事が出来る、水路橋とは水道及水力電氣の水路を通ず橋梁である。

(b) 上部構造の主要材料に依る種別.

木橋 Wooden bridge.

鐵橋 Metallic bridge.

石工橋 Masonry bridge.

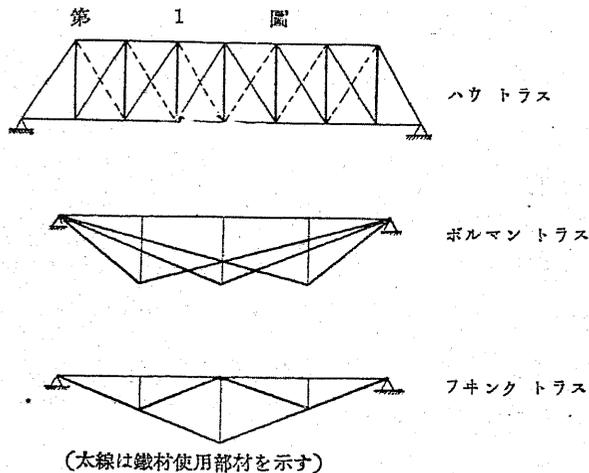
鐵筋混凝土橋 Reinforced concrete bridge.

等である。

木橋 現在尙公道橋中に數多く存在し使用する木材は樺、檜、樺、松、杉、米松等である、木橋の特徴は工事の簡易な事と工費の低廉な事であるが剛度及耐久性に乏しいと云ふ大なる缺點がある、故に市街橋の様に交通が頻繁で重い荷重を通すものには最も不適當である、街路構造令に於ても市街橋は耐久性材料を以て築造すべしと規定せられて居る。

木橋の徑間比較的大なるものには木構橋を使用し腹材 Web member の内抗張材だけに鐵材を使用し弦材及腹材の内抗壓材にはすべて木材を使用する。

結構の型式はハウス トラス Howe truss. フキンク トラス Fink truss 及ボルマン トラス Bollman truss 等であつて、日光町より中禪寺湖に至る途中にはプラツト トラス Pratt truss の木構橋がある。

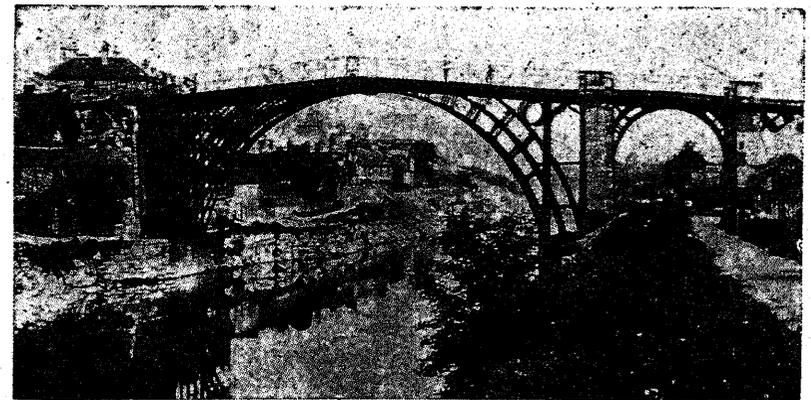


鐵橋 鐵材には鑄鐵 Cast Iron 鍊鐵 Wrought iron 鋼鐵 Steel の三種ある、今日鐵橋と稱せられるものの殆ど全部は鋼橋であつて鑄鐵及鍊鐵は高欄及其他主要ならざる部分に使用せられるのみである。

木構橋の實例 (ハウトラス)

1776年英國にて架設せられたセベルン橋 Severn bridge in Coalbrookdale は鐵橋の嚆矢であると云はれて居る勿論鑄鐵である、尙英國メナイ峽

第 3 圖

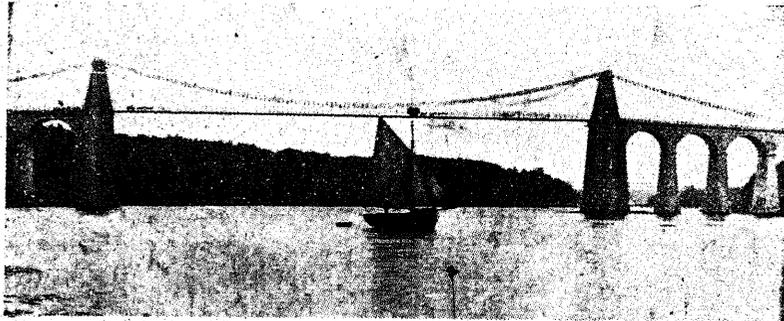


セベルン橋 (コールブルックデール) Severn bridge in Coalbrookdale

Menai strait に架設せられるブリタニア函橋 Britannia tubular bridge 及バンガー吊橋 Banger Suspension bridge は鍊鐵橋の代表的のもので共に拾八世紀の前半に施工せられたものである。

ブリタニア函橋 Britannia tubular bridge (Menai strait)

第 5 圖



バンガー吊橋 Banger Suspension bridge (Menai strait)

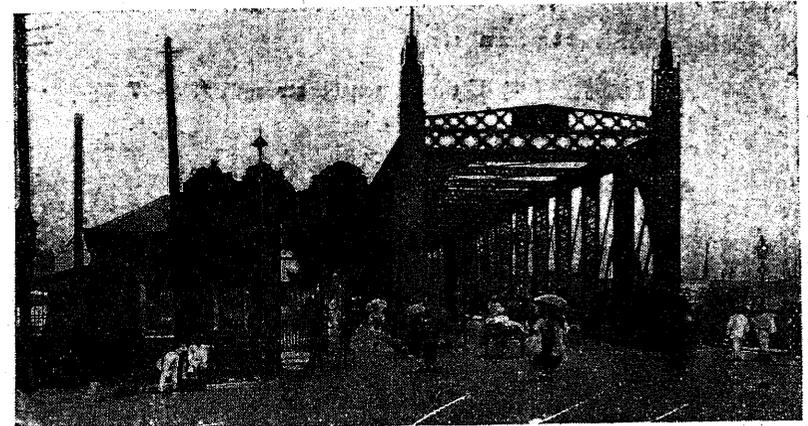
我國に於ける鐵橋の嚆矢は明治二年（1869）横濱市に架設せられた「かねの橋」及明治七年（1874）大阪神戸間に開通せる鐵道に使用せられた鍊鐵橋である。

東京市に於ける最古の鐵橋は明治十一年（1878）京橋風川に架設せられた元彈生橋*で唯一の鑄鐵橋である、元高橋（廢橋）（明治十五年 1882）

* 橋復興事業により廢橋となるべきものを東京市最古の鐵橋として永久に記念する爲深川八幡側に移轉し名を八幡橋と改む、震災により破損せる部分は多少修繕せしが橋體は依然として舊體の儘なり。

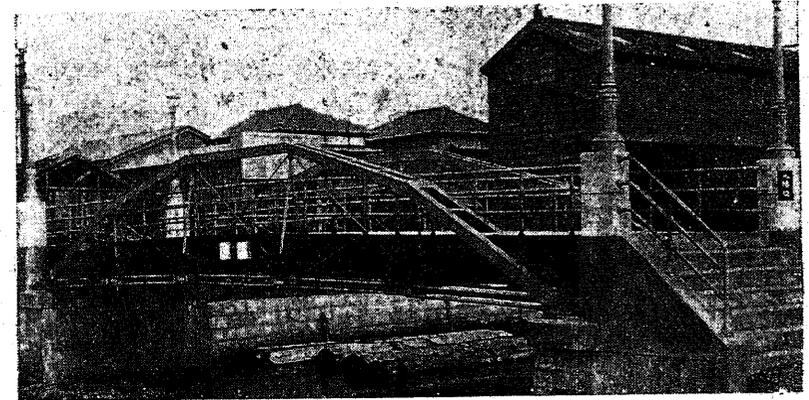
舊吾妻橋（明治二十年 1887）舊厩橋（明治二十六年 1893）等は鍊鐵橋で舊新橋（明治三十二年 1899）は最初の鋼鐵橋である、水道橋（復興事業にて擴張す）は我國の製品のみにて製作せられた最初の鋼鐵橋である（明治四十一年 1908）。

第 6 圖



舊吾妻橋（鍊鐵橋）

第 7 圖



八幡橋（舊彈生橋）

鐵と鋼との間には劃然たる限界がない、一般に鐵は其の含有する炭素量

が割合に多く強く且脆く張力に弱い、鋼は比較的含有炭素量少く延性に富み張力に強い、今日鐵橋に使用せられる**建築用鋼 Structural steel**と稱するものは含有炭素量3%以下の**中軟鋼 Medium steel and soft steel**であつて特殊なる箇處には**鑄鋼 Cast steel**が使用せらる、是等建築用鋼の強度は日本標準規格によつて次の如く規定せられて居る。

建築用鋼 Structural steel.

破壊抗張強度 Ultimate tensile strength 39~47 珎/平方珎

伸長率 Elongation 21% 以上

鉄 鋼 Rivet steel.

破壊抗張強度 34—41 珎/平方珎

伸長率 27% 以上

鑄 鋼 Cast steel.

軟性のもの { 破壊抗張強度 41—55 珎/平方珎
伸長率 2% 以上

硬性のもの { 破壊抗張強度 47—61 珎/平方珎
伸長率 12% 以上

一般に鋼は含まれる炭素量が多くなるに伴れて抗張力は増加するが之に反して延性 Ductility は減するものである、故に鉄をつくる鉄鋼の如き比較的激烈な工作 Mechanical treatment を受ける鋼は強度を多少犠牲にして伸長率の大なるものを使用するのである。

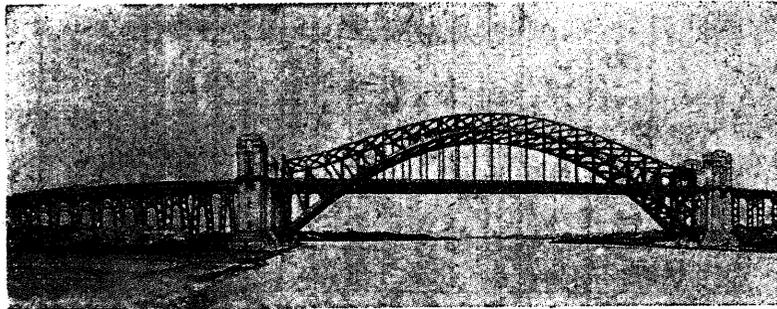
近來荷重の増加と大なる徑間の要求に對して部材全部或は部分的に特殊鋼 special steel を使用する傾向が甚だ多い。

紐育ヘルゲート橋 Hellgate bridge に於ては普通鋼の含有炭素量は 2% 以下なるに對して約 3% の高炭素鋼を使用し其の抗張力を 46~53 珎/平方珎迄に上げたのである、其他特殊鋼として**硅素鋼 Silicon steel** **ニッケル鋼**

第 1 表 各種構造用鋼一覽

國	種 類	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Cu	降伏點 σ _y /mm ²	抗張力 σ _t /mm ²	伸長率 %	備 考
日本	炭素鋼			0.06	0.06					32-47	21	21	日本標準規格
	高炭素鋼(鐵鋼)	0.2-0.3	1.4-1.6	0.035	0.03	0.1-0.2				63	18	18	復原面
	St. 37	0.12-0.16	0.45-0.60	0.03	0.03					22-28	20	20	軟工鐵道
	St. 43	0.15-0.20	0.50-0.70	0.03	0.03					29	18	18	
	St. 51	0.12-0.20	0.70-1.10	0.03	0.03	0.80-1.20				36(35)	20(18)	20(18)	
	St. Mn-Cu-Si	0.17-0.22	1.00-1.50	0.03	0.03	0.50-0.60			0.50-0.60	36(35)	20(18)	20(18)	
	St. Cr-Cu	0.15	0.80			0.25		0.4	0.02-0.04	36(35)	20(18)	20(18)	
	St. 52			0.05	0.05					36(35)	20(18)	20(18)	
	炭素鋼			0.04	0.03					21	10-55	10-55	炭素材料試験協會
	硅素鋼	0.4-0.5	0.2-0.3	0.04	0.03					32	10-55	10-55	
	ニッケル鋼	0.45	0.7-0.8	0.04	0.03	0.2-0.4	3.25			35	60-70	60-70	
	硅素鋼	0.4		0.04	0.03	0.2-0.4				32	56-67	56-67	ハードソックス
	ニッケル鋼	0.4	1.00-1.50	0.04	0.03		3.25			39	63-	63-	
	炭素鋼			0.04	0.03					26	44-49	44-49	ハイグレン鋼
	硅素鋼	0.4	1.00	0.04	0.03	0.45				32	56-67	56-67	
	ニッケル鋼			0.04	0.03					39	63-	63-	

第 8 圖

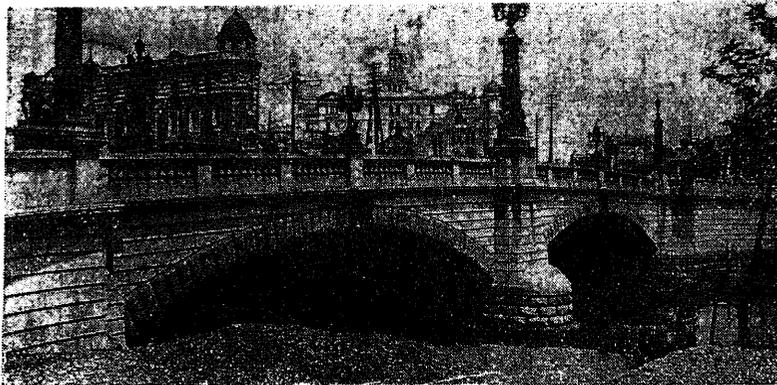


ヘルゲート橋 Hellgate bridge

Nickel steel マンガン鋼 Manganese steel 等が使用せられ永代橋及清洲橋に使用せられたデニコール鋼は一種のマンガン鋼である。

石工橋 石、混凝土、煉瓦等で築造せられた橋梁である、小なる徑間に對しては石又は混凝土の桁橋、稍大なる徑間に對しては拱橋の型式を採るものが多い、何れの材料も張力に對して弱く小なる徑間に於ても桁橋として使用する事は余り宜しくない、近頃鐵筋混凝土が發達し其の表面を石又は煉瓦を張り外觀上石橋及煉瓦橋と同一の効果を得られるので石工橋は今や殆ど過去の橋梁と見做されるのである。

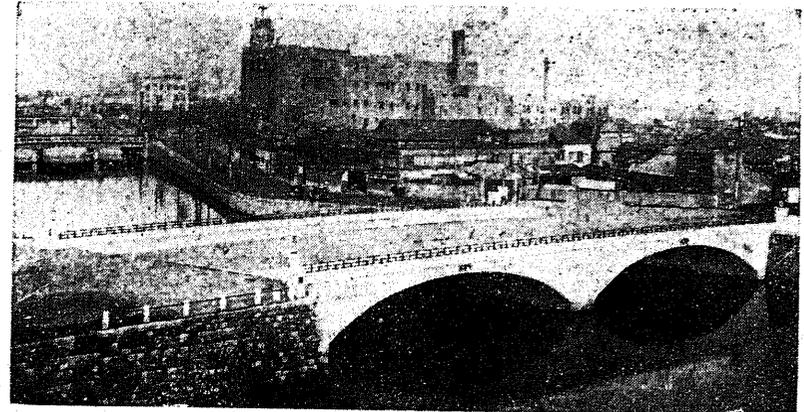
第 9 圖



日本橋 (石橋)

鐵筋混凝土橋 混凝土の張力に弱い缺點を鐵筋を埋め込んで補強したものである、耐久性に富み相當加工、工夫をして混凝土の美觀上の不備を補ふことが出来る、唯鐵筋混凝土自體の重量大であつて場所によつては使用する事が不經濟である。

第 10 圖



采女橋 (鐵筋混凝土橋)

(c) 構造の型式に依る種別。

一般に構橋 Truss bridge と桁橋 Beam bridge とに區別せられ其の構及桁は型式に依つて種別すると

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 單 橋 Simple bridge. | 拱 橋 Arched bridge. |
| 連續橋 Continuous bridge. | 吊 橋 Suspension bridge. |
| 控架橋 Cantilever bridge. | 可動橋 Movable bridge. |

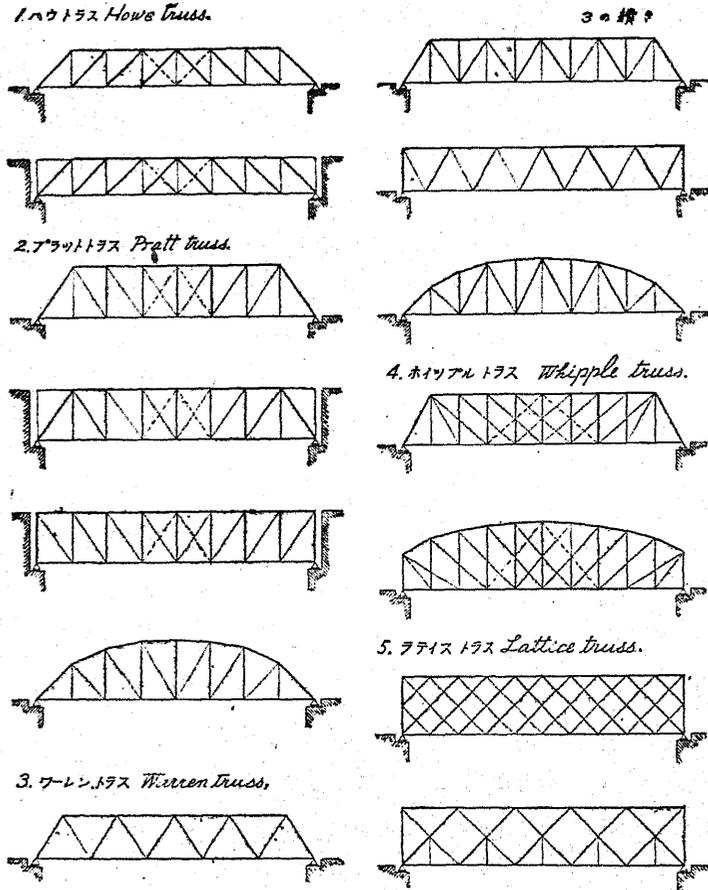
等である。

單橋 單に兩端を支へたのみの所謂架渡しの桁及結構であつて最も普通の型式である、單桁橋を更に二分して固形桁 Solid beam と合成桁 Composite beam にする事が出来る、前者は石材、木材及鋼鐵等で桁の形になつたものを其儘架渡したもので、石桁橋及木桁橋の多く及工形鋼 I-beam

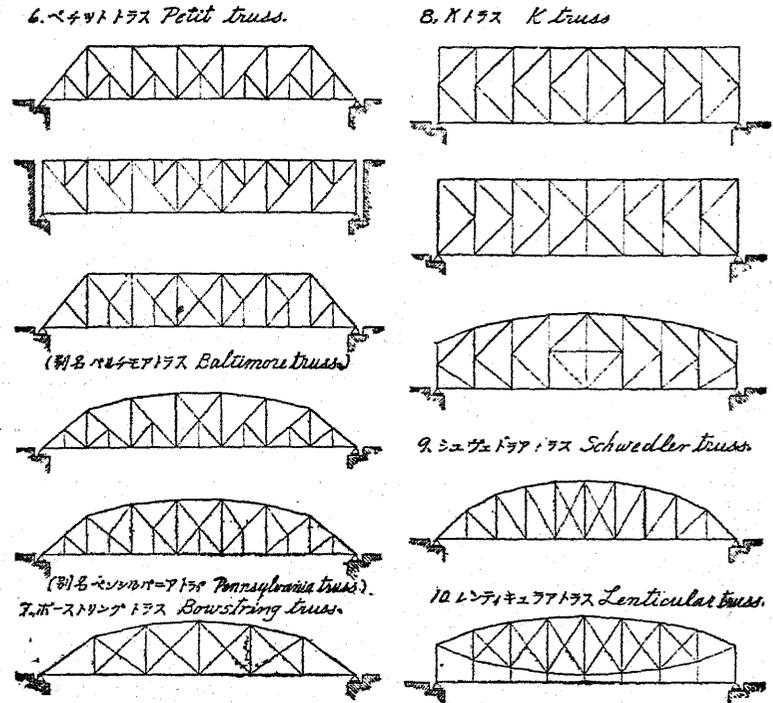
及溝形鋼 Channel を桁にした桁橋である、後者は種々なる材料を組合せて作った桁であつて木桁を上下又は左右に組合せた二重桁、鋼及山形鋼を組合せた鋼桁及鐵筋混凝土桁等である、單構橋を更に二分して直弦構 Parallel chord truss と曲弦構 Curved chord truss とにする事が出来る、前者は結構の上下の弦材が直線なるものにして後者は然らざる結構である。

單構橋の主なる型式を示せば次の様なものである (第 11 圖参照)。

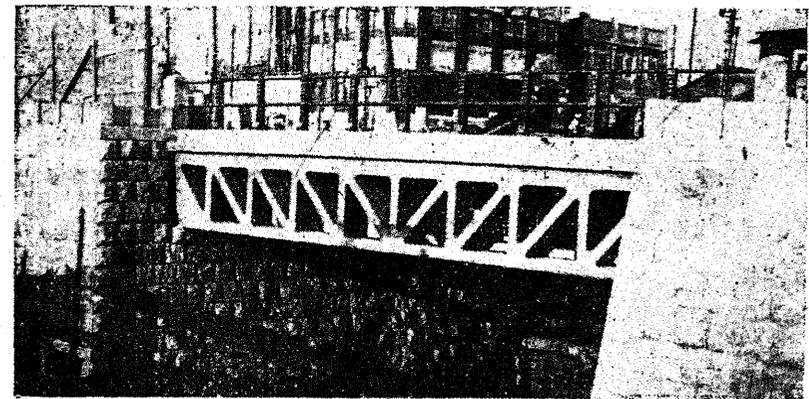
第 1 1 圖 (其 1)



第 1 1 圖 (其 2)

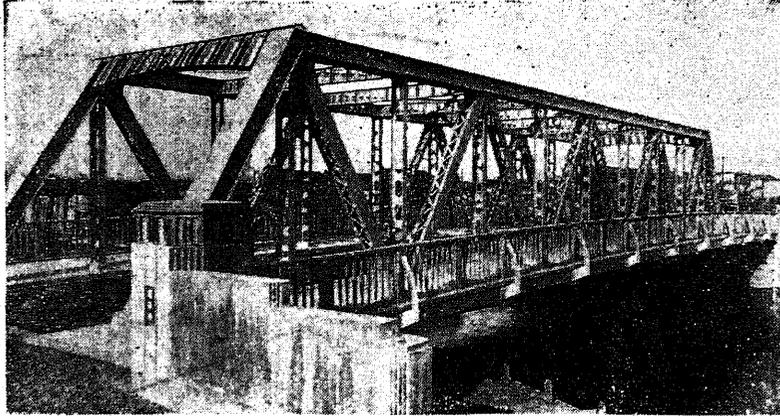


第 1 2 圖



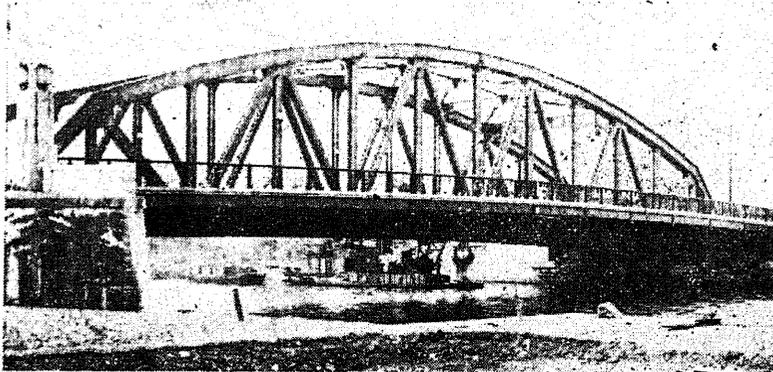
直 弦 構 (鐵筋混凝土—龍岡橋)

第 1 3 圖



直 弦 橋 (鐵 橋)

第 1 4 圖



曲 弦 橋 (鐵 橋)

連續橋 三つ以上の支點で支へられた桁又は構である、單橋同様構及桁は溫度の變化によつて特殊なる應力を受けず且荷重による支點の反力はすべて垂直であるけれども夫等の全部を靜力學のみに依つては求め得られないものである、凡て連續橋の設計に於ては支點が沈下しない事を條件とするを以て何等かの原因で支點の一つが沈下する様な事がある場合には構及桁に劇しい破壊的結果を齎すことは勿論である、故に連續桁を使用する箇

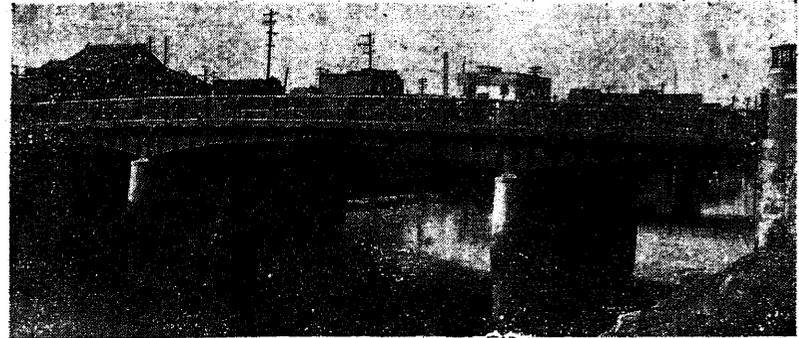
處は地盤の良好なる下部構造の移動沈下のない事を第一條件とするのである。

東京市内現存の連續橋。

- a) 神宮橋 (鐵筋混凝土橋)。
- b) 木現橋 (鐵橋)。萬年橋 (鐵橋)。龜井橋 (鐵橋)
丸之内橋 (鐵筋混凝土橋)。和伊之國橋 (鐵筋混凝土橋)。
- c) 西河岸橋 (鐵橋)。八丁堀橋 (鐵橋)。

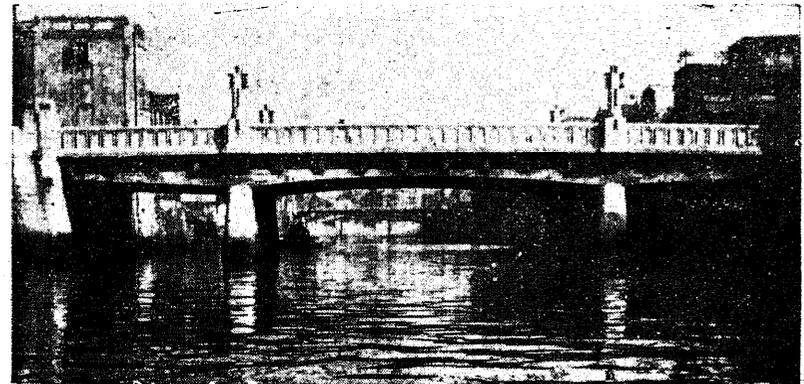
控架橋 一種の連續橋である、徑間の一部に突桁或は突構 Cantilever arm を有する連續橋で構造としては古くより存在するものである、現今の

第 1 5 圖



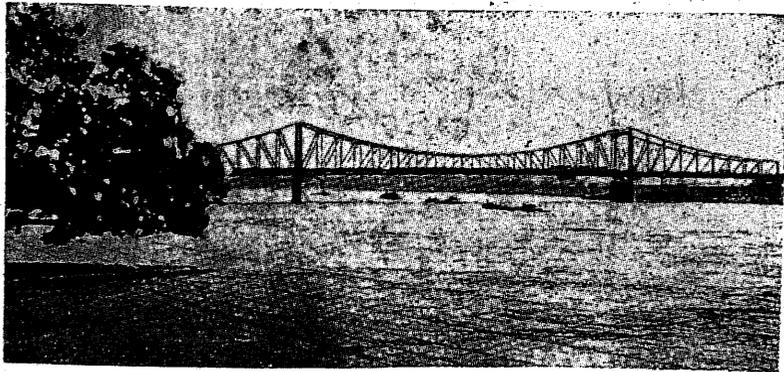
龜 井 橋 (鐵 橋—連 續 桁)

第 1 6 圖



紀伊之國橋 (鐵筋混凝土橋—連 續 桁)

第 1 7 圖



連続桁橋 (鐵橋)

控架橋は理論より發達したもので 1867 年獨逸のゲルベル Gerber に依つて實施せられ今日尙 Gerberische Träger として傳へられて居る。

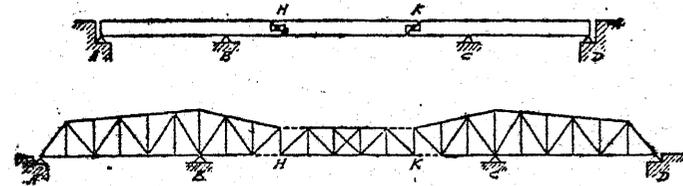
第 1 8 圖



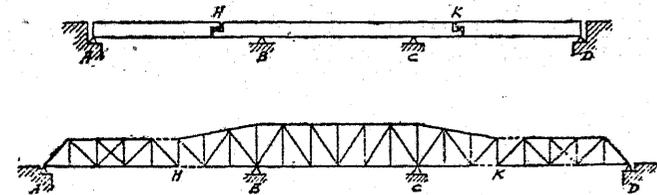
三徑間に亙る連続桁に於て等布荷重が満載した場合には其の彎曲率は第 18 圖の如く $a b c d$ に於て反曲點 Point of Contraflexure (彎曲率零なる點) が生ずるのである、控架橋とは稍之等の點に相應する箇處に鉸 Hinge を挿入したものである、控架橋は該鉸の數如何に依つて静力学決定構造物 Statically determinate structure にもなり不決定構造物 Statically indeterminate structure にもなるのである、乃ち鉸の數が支承 (橋臺なりとも橋脚なりとも) の數より二つだけ少い時には決定構造物であり若し之より少い時には不足數だけの過分反力 Redundant reaction を有する結果となる、最も普通の型の控架橋は三徑間である故斯るものに対しては鉸の數が二つあれば決定構造物となるのである、控架橋の型式を大別して凡そ次の二種とする事が出来る。

第 1 9 圖

型式 I



型式 II



型式 I

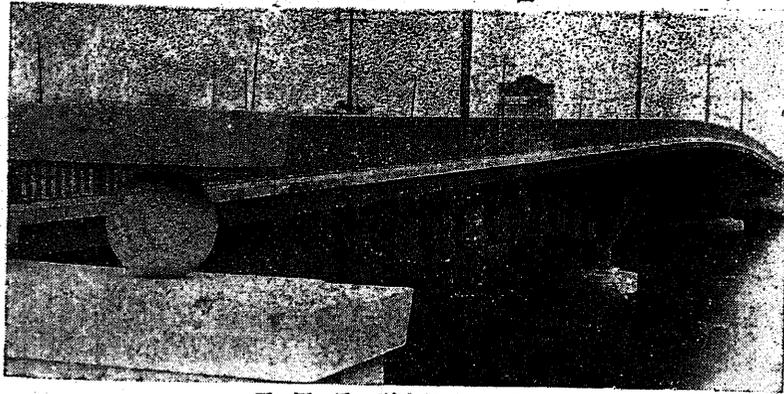
- AB 及 CD . アンカー スパン Anchor span. (碇徑間)
- BH 及 KC キャンテレバー アーム Cantilever arm. (控架肢)
- HK サスペンデッド スパン Suspended span. (吊徑間)

型式 II

- AH 及 KD ショート スパン Short span. (短徑間)
- HB 及 CK キャンテレバー アーム Cantilever arm. (控架肢)
- BC センター スパン Centre span. (中央徑間)

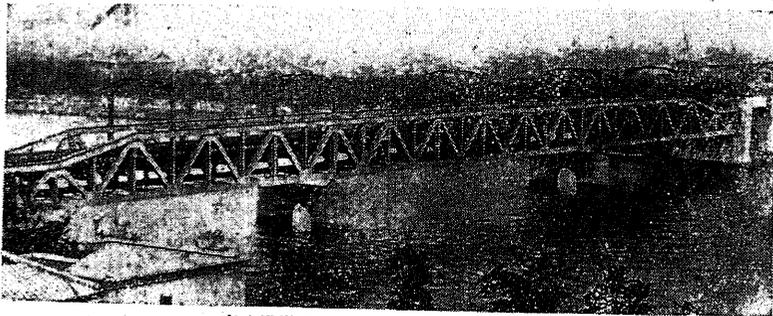
控架橋の最大特徴は現場組立法にある、乃ち控架肢及吊徑間、又は短徑間を假構 False work を用ひず架設することである、有名なケベック橋 Quebec bridge 及フォース橋 Forth bridge は共に此の型式である、又東京市内の河川には上部構造の厚さをろうすくすると共に通船に滞の間を相當廣くする目的の爲に型式 I の橋梁が多く使用せられて居る、尙此の型式は先述の通り連続橋と異り静力学決定構造物となし得て地盤の良好ならざる地點にも使用し得る特徴がある。

第 2 0 圖



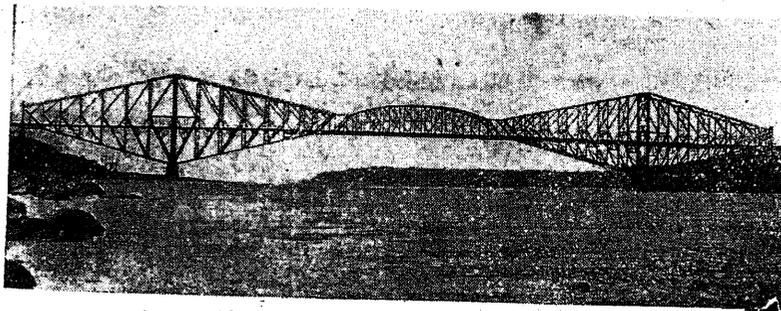
兩 國 橋 (控 架 桁 橋 — 鐵 橋)

第 2 1 圖



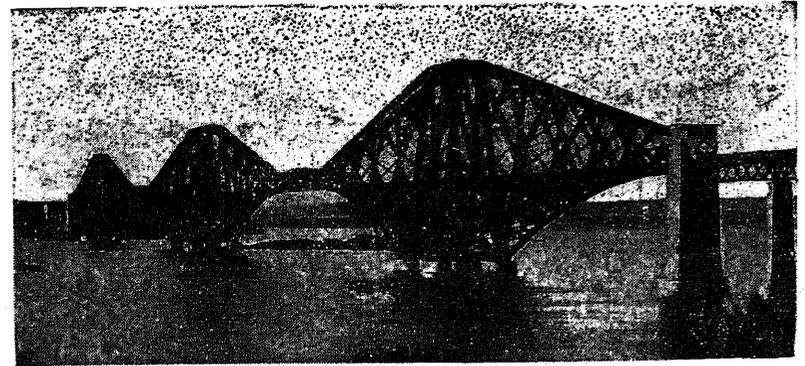
東 武 鐵 道 隅 田 川 橋 梁 (控 架 桁 橋 — 鐵 橋)

第 2 2 圖



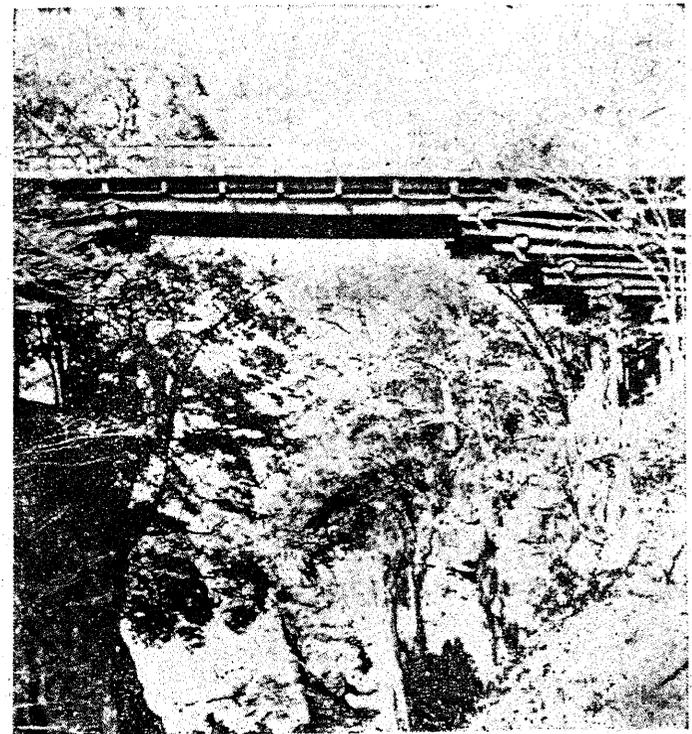
ケベック橋 (カナダ) Quebec bridge (控 架 桁 橋 — 鐵 橋)

第 2 3 圖



フ ェ ォ ー ス 橋 (英) Forth bridge (控 架 桁 橋 — 鐵 橋)

第 2 4 圖

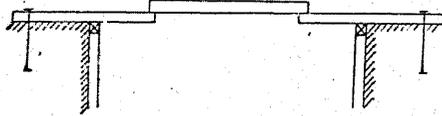


猿 橋

猿橋は構造上此の型式の木橋である、乃ち第 25 圖に示すが如く碇徑間は兩岸より突出した桁であ

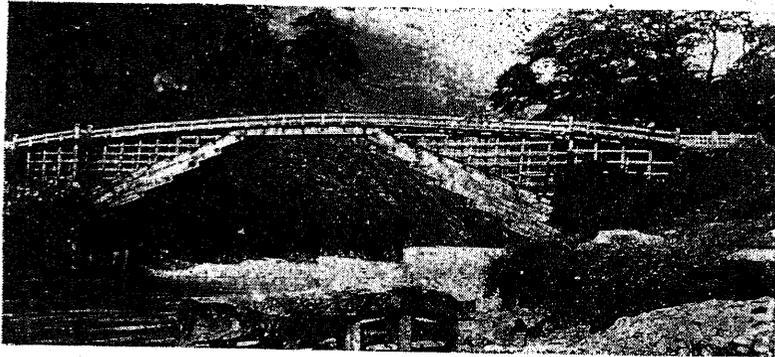
第 2 5 圖

つて中央部の吊徑間を其の上に乗渡しそれが爲に碇徑間の桁が跳ね上らない様に他端を地中に碇着 Anchor



したものである、又舊々愛本橋は地中に碇着する更りに碇徑間の桁の上に積石工を施した構造である。

第 2 6 圖



舊々愛本橋

拱橋 橋梁として最も美觀を呈するものの一つであつて市街橋に適した型式である、兩支點間に繫材を用いたものを除き一般拱橋は垂直荷重に對しても支承に垂直反力以外に水平反力を生じ之を水平推力 Horizontal thrust と稱するのである、斯る構造物は設計の當初に於て支承が動かないと假定するが故地盤の良好ならざる地點に採用する事は適當ではない。

拱橋を鉸の數で區別して

- a) 無鉸拱 Hingeless arch.
- b) 單鉸拱 One hinged arch.

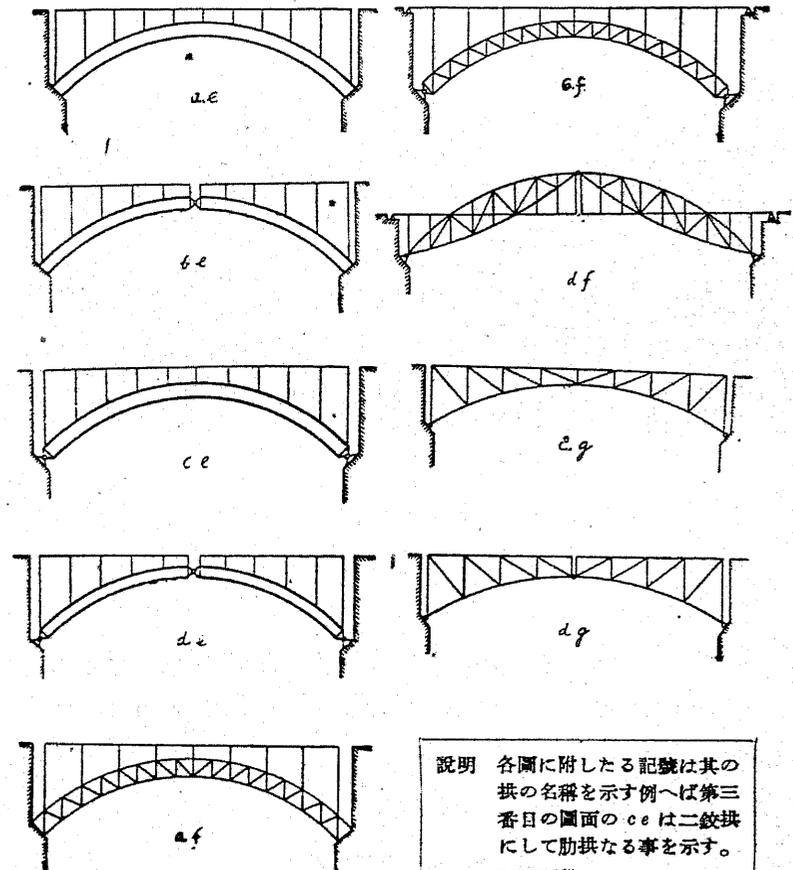
c) 二鉸拱 Two hinged arch.

d) 三鉸拱 Three hinged arch.

とする事が出来る。

三鉸拱は靜力學決定構造物であつて應力計算は最も精確であるが剛度に於て最も劣るものである、二鉸拱より鉸の數が少なくなるにつれて過分反力が多くなり計算が益々曖昧になつて來るが剛度は益々増加する。

第 2 7 圖



説明 各圖に附したる記號は其の拱の名稱を示す例へば第三番目の圖面の ce は二鉸拱にして肋拱なる事を示す。

又拱橋を結構の様より區別して

- e) 肋 拱 Rib arch.
- f) 構肋拱 Truss arch.
- g) 構腹拱 Spandrel braced arch.

とする事が出来る (第 27 圖参照)。

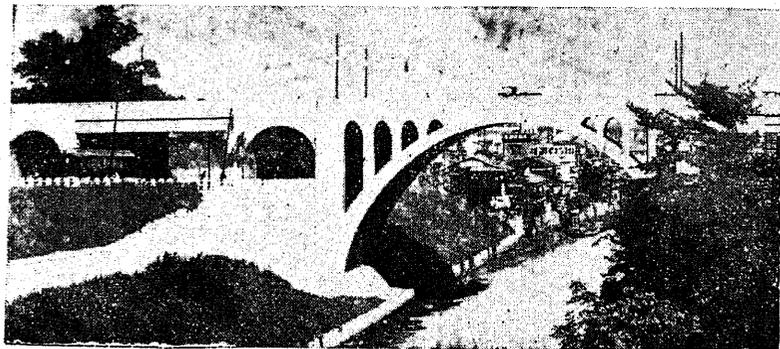
肋拱は鉄桁を弧狀に曲げたもの、構肋拱は肋拱の腹鉄 web plate を綾構 bracing にしたもの、構腹拱は上弦は水平、下弦を弧狀となし兩者を腹部材を以て結付けたものである。

第 2 8 圖



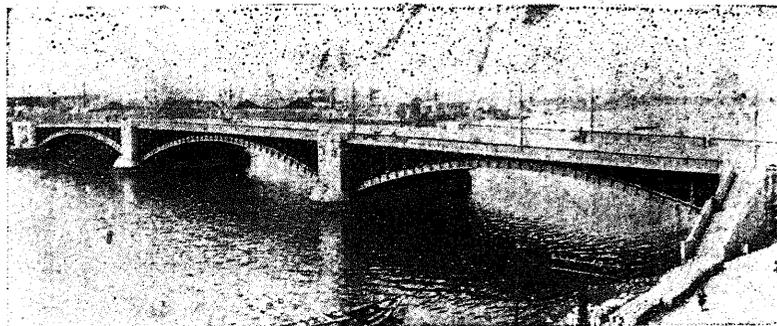
錦 帯 橋

第 2 9 圖



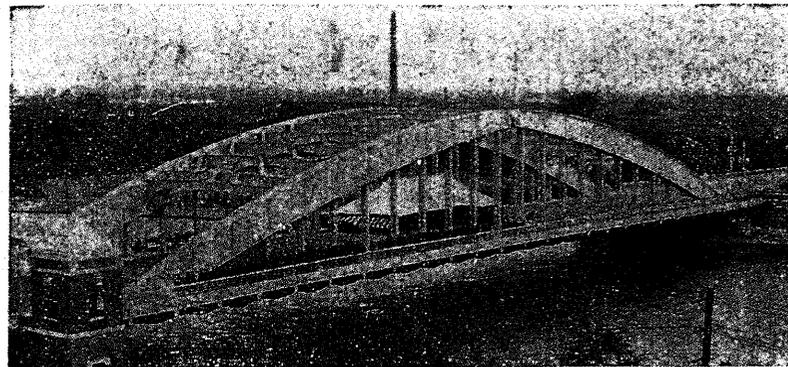
亞 橋 (a. e—鐵筋混凝土橋)

第 3 0 圖



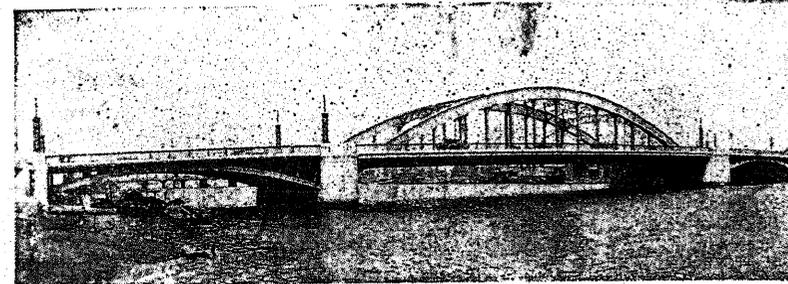
森前橋 (c. e—鐵橋)

第 3 1 圖



櫻宮橋 (d. e—鐵橋)

第 3 2 圖



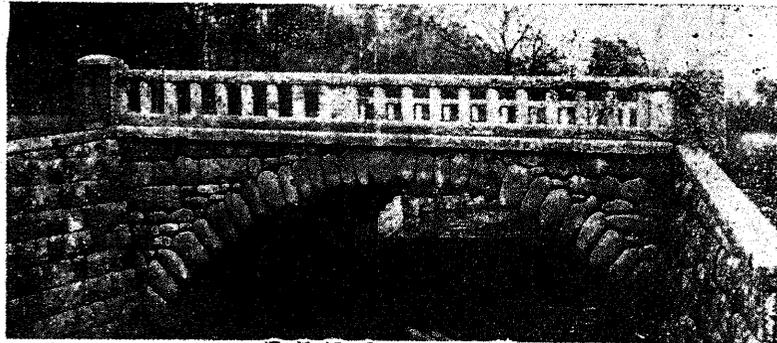
駒形橋 (c. e—鐵橋)

第 3 3 圖



江戸橋 (c. e-鐵橋)

第 3 4 圖



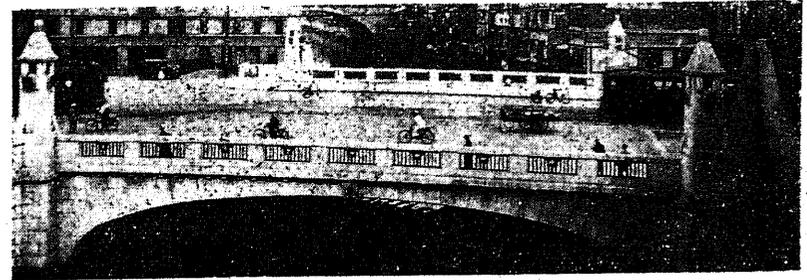
猫俣橋 (a. e-混凝土橋)

第 3 5 圖



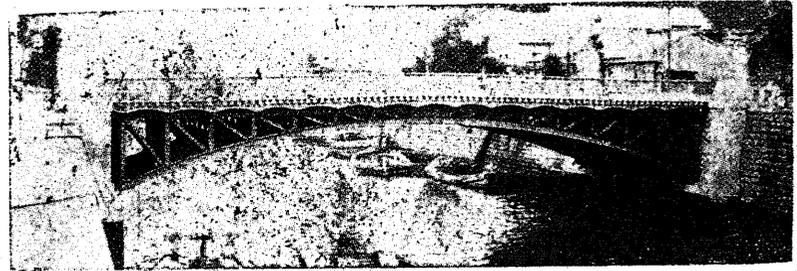
大正橋 (c. f-鐵橋)

第 3 6 圖



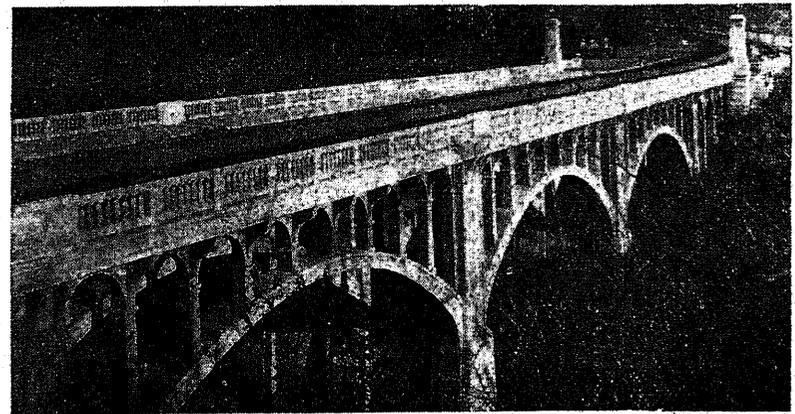
風世橋 (a. e-鐵筋混凝土橋)

第 3 7 圖



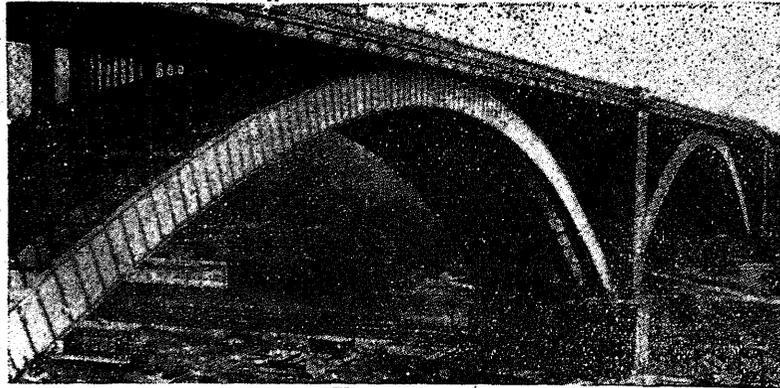
各戸橋 (c. g-鐵橋)

第 3 8 圖



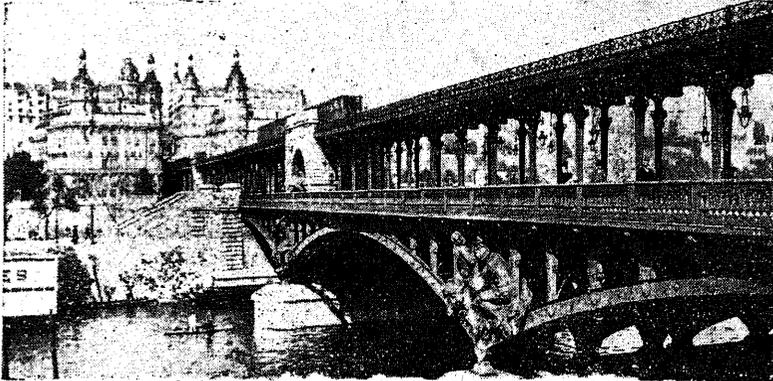
セブレー橋 (米) Seabree bridge (a. e-鐵筋混凝土橋)

第 3 9 圖



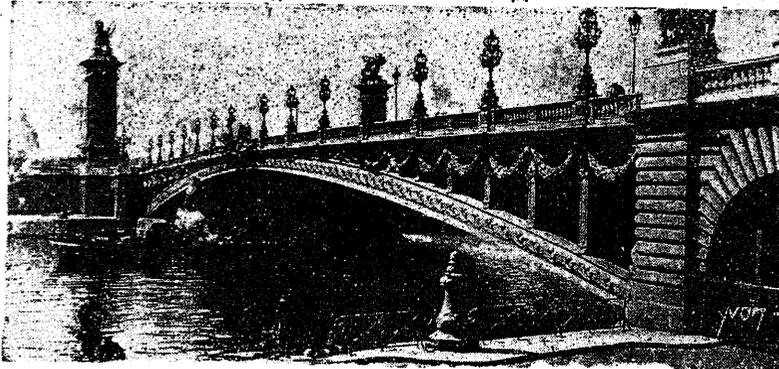
ワシントン橋 (ネ) Washington bridge (c. 1890 鐵橋)

第 4 0 圖



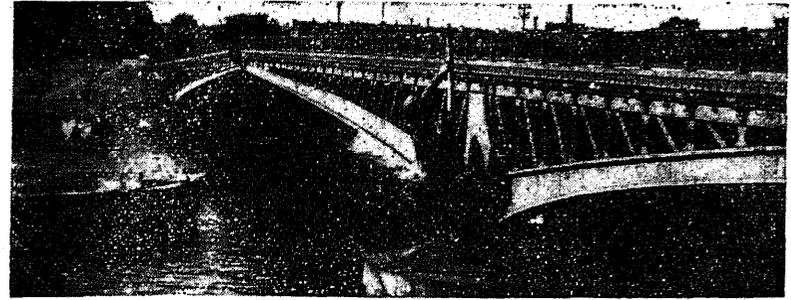
パツシイ橋 (佛) Pont de Passy (外側は拱橋なるが内側は桁橋—鐵橋)

第 4 1 圖



アレキサンダー三世橋 (佛) Pont Alexandre III (d. 1900 鐵橋)

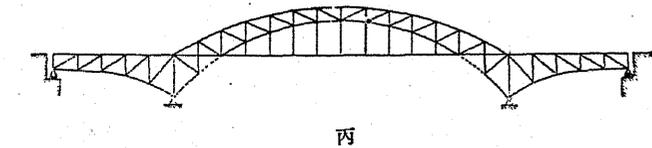
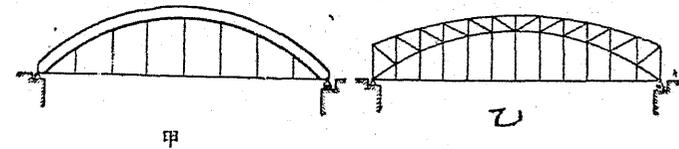
第 4 2 圖



メラボー橋 (佛) Pont Merabeau (d. 1890 鐵橋)

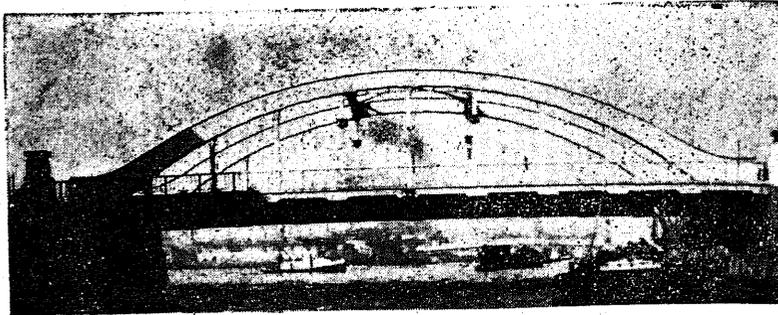
又繫拱橋 Tied arched bridge と稱し繫材 Tie を以て兩端を結付け水平推力を該繫材にて抵抗せしめ支承の反力は單橋と同様垂直反力のみとなしたものがあ、多く二鉸拱を使用し獨逸に其の例が多い、此の型式は最早外力的には過分反力が無く地盤の軟弱な箇處にも使用し得る、第 43 圖の甲乙丙は繫拱橋の例である、又丁なる型式の拱橋をバランスト アーチ Balanced arch と稱する。

第 4 3 圖



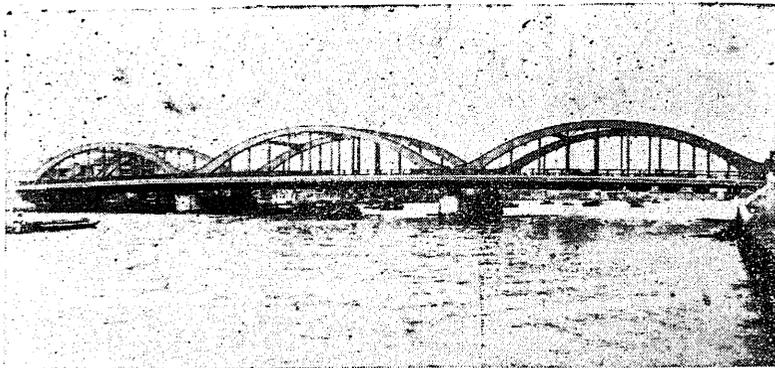
丁

第 4 4 圖



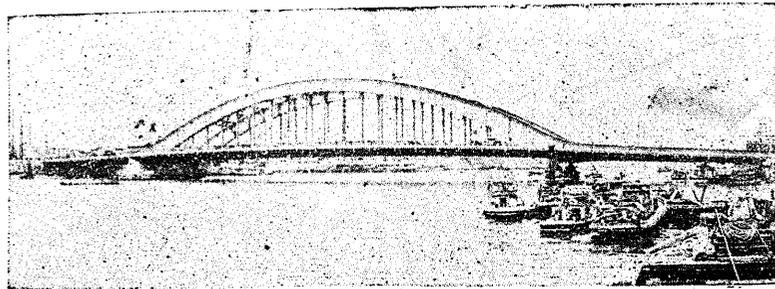
深川上之橋 (緊拱橋—鐵橋)

第 4 5 圖



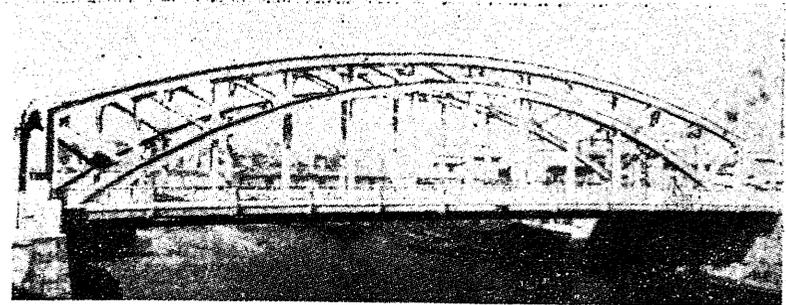
厩橋 (緊拱橋—鐵橋)

第 4 6 圖



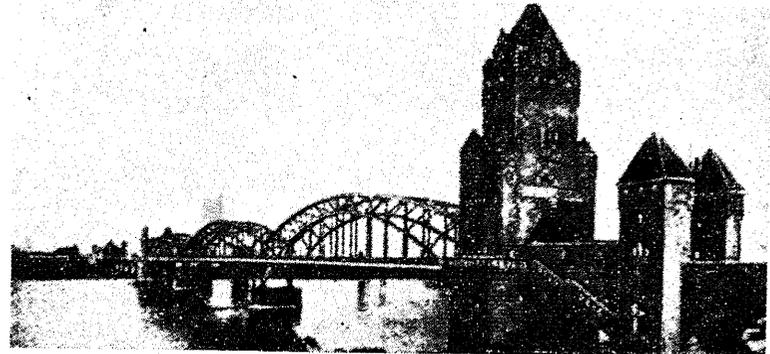
永代橋 (緊拱橋—鐵橋)

第 4 7 圖



深川萬年橋 (緊拱橋—鐵橋)

第 4 8 圖



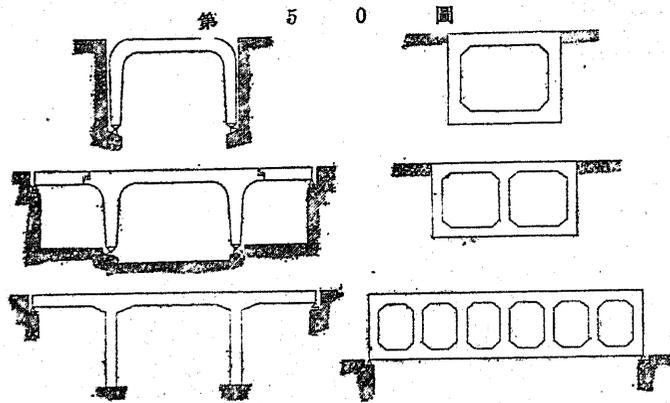
カイゼル橋 (獨) Kaiserbrücke Mainz (緊拱橋—鐵橋)

第 4 9 圖



ライン橋 (獨) Rheinbrücke Bonn a. Rhein (緊拱橋—鐵橋)

尙近頃鐵筋混凝土の發達につれて流行せる所謂ラ－メン Rahmen träger (框桁) は其の力學的効果は拱橋と同一である、河川の橋梁にして脚部が水中に浸る虞のある箇處には鐵橋としては不適當であるが獨逸に於ける實例の如く主桁の厚をうすくし而も橋下に比較的幅員の廣い空間を必要とする市街の跨線橋等に適した型式である、尙結構としたものをフイーレンデー ル Vierendeel träger (框構) と稱する。



東京市現存の框桁(構)橋

鐵桁橋……御茶之水橋、外苑橋、五反田跨線橋

鐵筋混凝土桁橋……舊白鳥橋、新金橋、濱洲橋

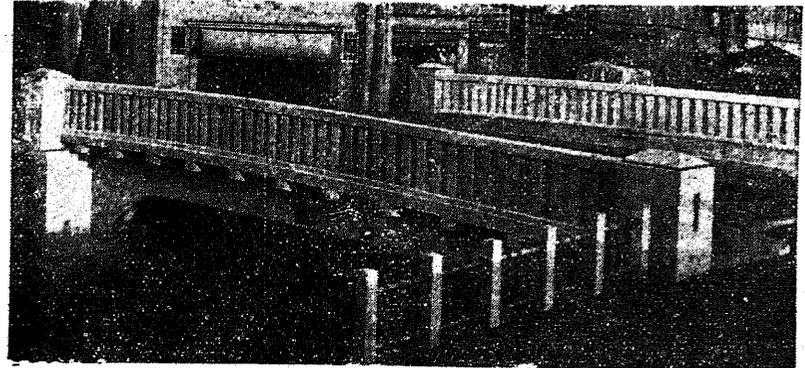
鐵構橋……豐海橋

第 5 1 圖



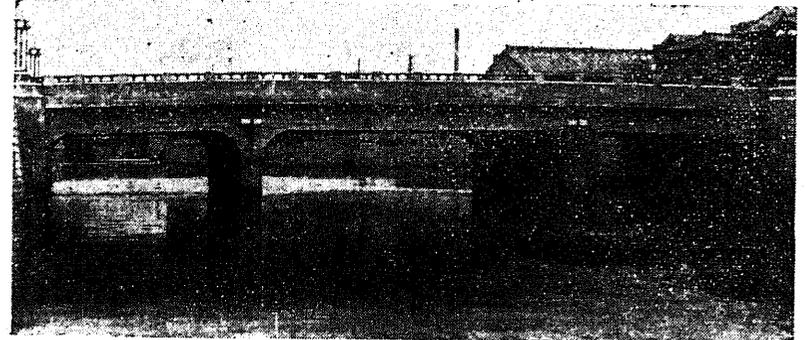
御茶之水橋(框桁橋-鐵橋)

第 5 2 圖



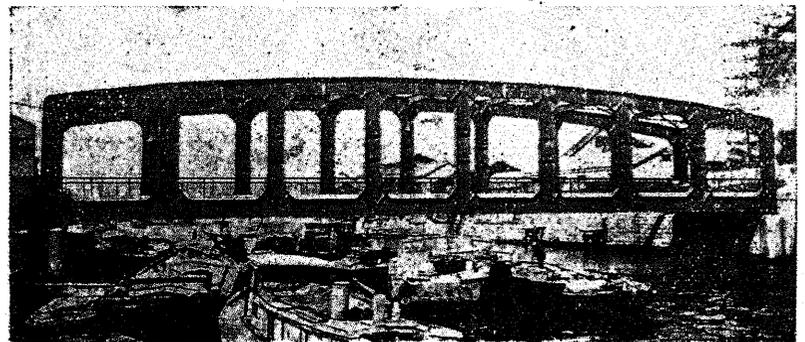
彌濱橋(框桁橋-鐵筋混凝土橋)

第 5 3 圖



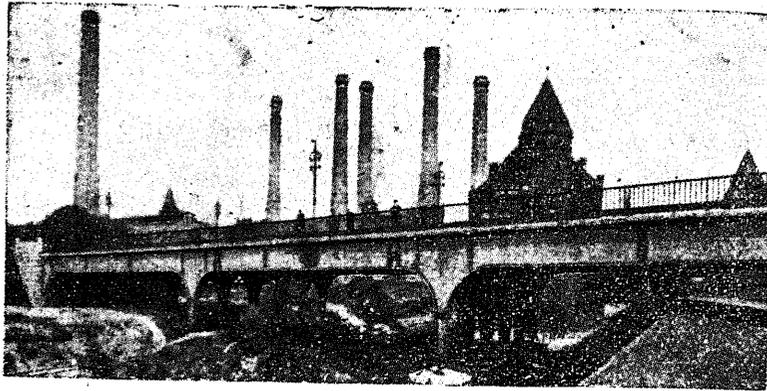
新金橋(框桁橋-鐵筋混凝土橋)

第 5 4 圖



豐海橋(框構橋-鐵橋)

第 5 5 圖



ベルリンに於ける桁橋の實例 Putlitz brücke

第 5 6 圖

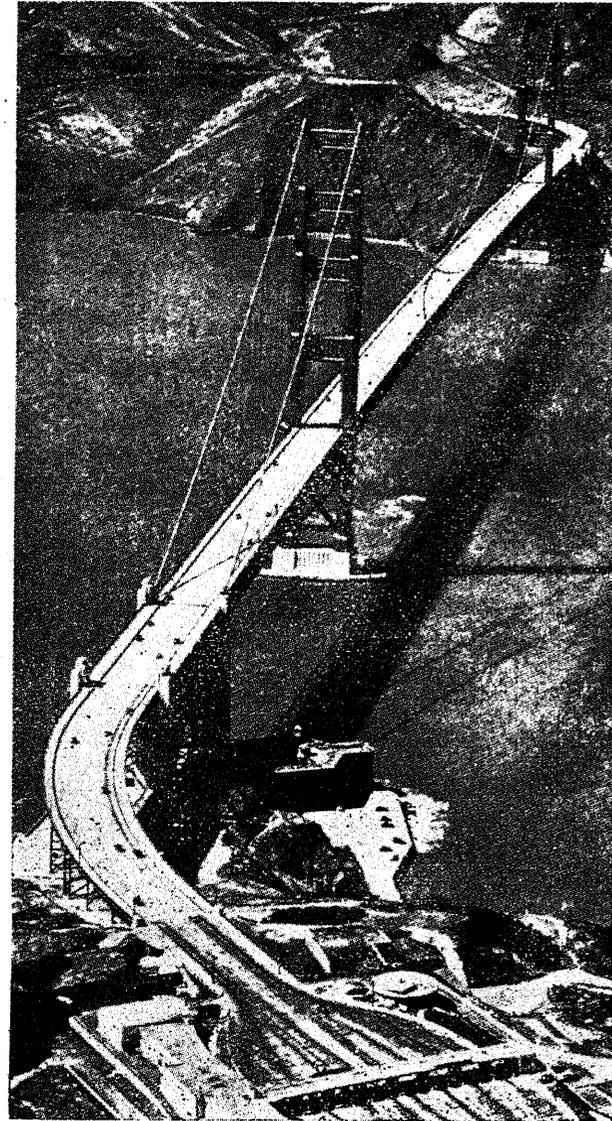


拱肋を桁橋となした實例 (獨) Jungfernstieg

吊橋 下路式拱橋と同一効果を有するもので拱肋に代るに索條 Cable を以てし之より吊材を下げ橋面を吊つて居るに過ぎない、葛葛を兩岸に張渡した原始時代の吊橋より始り古き吊橋の多くは支塔を用ひず索條は直接兩岸の固定物に碇着せられて居るのである、然し乍ら現今の吊橋の一般構造は第 58 圖に示すが如く中間に支塔 Tower を設け索條を一度之で受け更に兩岸に碇着して居るのである。斯る型式の稍根本をなすものは十八世紀の初頭米國に於てジェームス フィンレー James Finley 及英國に於てサミウエル ブラウン Samuel Brown に依つて使用せられ 1828 年に架設せられ

たメナイ峽のバンガー吊橋 (第 5 圖参照) が當初の吊橋として有名なるも

第 5 7 圖 甲



金門橋 (米) Golden gate bridge

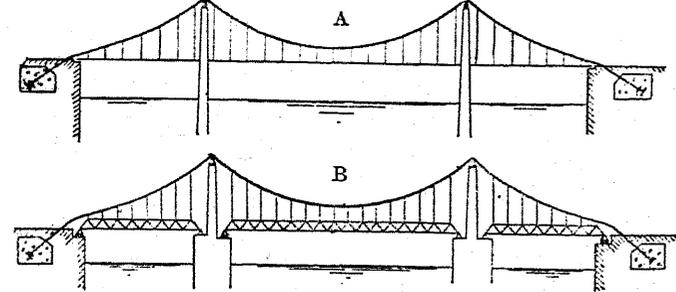
第 5 7 圖 乙



ワシントン橋(米) George Washington bridge in New York

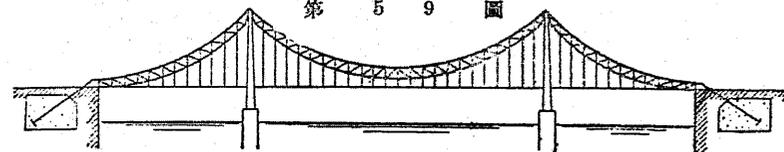
のである、尙世界最大徑間(4,200呎)のサンフランシスコ San Francisco の金門橋 Golden gate bridge (第57圖甲) 及紐育のハドソン河 Hudson River に架するワシントン橋 George Washington bridge (徑間3,400呎、第57圖乙) も實に此の型式である、元來索條は鋼線又は眼釘 Eye bar を使用し張力のみに抵抗し之れ自身の剛性は甚だ小である、乃ち第58圖Aの如き吊橋に於ては部分的に大なる荷重が作用した場合索條は其の部分のみ下り他の部分では反對に上に上り索條の形が非常に變化し之と同時に路面に著しく凹凸を生じ實用に供する事が出来ない、且其の載荷せる荷重が動くに伴て橋全體が波形に上下し到底交通するに耐えない事は山間の粗末なる吊橋に於て屢々經驗する事である、故に此の型式は殆ど今日用ひら

第 5 8 圖



れない、第58圖Bは此の缺點を補ひ假令一箇處に大なる荷重が作用しても一度補剛桁(構)に依つて其の荷重を附近に廣く分布し徐ろに索條に傳達する様にしたものである、補剛桁(構)としては剛度に富み而も死荷重の軽い連続桁(構)を撰ぶ可きであるが橋脚の沈下等を慮つて個々の單桁(構)を用ひ或は連続桁(構)を用ふるとしても中央部に鉸を挿入して其の連続性を遮斷することがある。

第 5 9 圖



第59圖は吊橋の索條の剛性を増す意味よりして索條を結構とした構造で吊橋と云ふより寧ろ逆拱 Inversed arch と稱し拱橋の特殊の型として拱橋の部類に這入るべきものである、此の型式は大なる鐵骨綾材を空中に現し外觀甚だ美ならざるのみならず露出面積の大きい事からして風壓等の横荷重に因つて大なる應力を受ける。

支塔の上端は輻子を有する可動端とする、之は索條より來る反力の垂直分力のみを支塔に傳へ水平分力は専ら礎磐に傳送する役目をなすのである、然し輻子の摩擦力による水平分力も相當大なるを以て昔は支塔に石工を使用したがる頃は寧ろ可撓性に富む鋼材を以て組立るのである。

第 6 0 圖



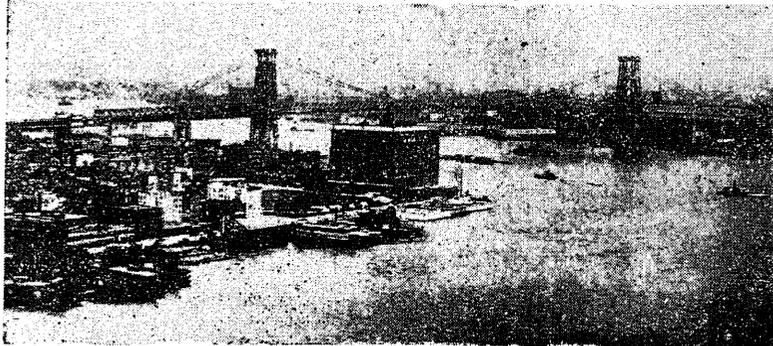
ブルックリン橋 (米) Brooklyn bridge

第 6 1 圖



マンハタン橋 (米) Manhattan bridge

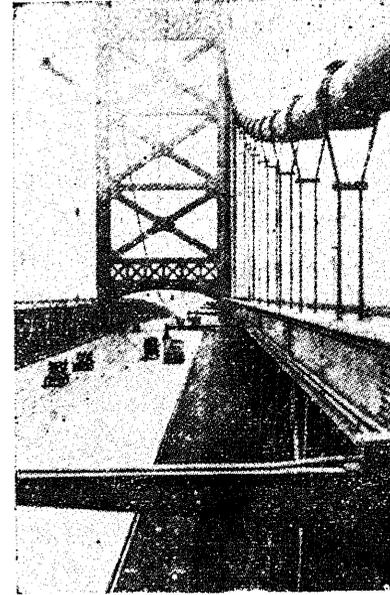
第 6 2 圖



ウィリアムズブルク橋 (米) Williamsburg bridge

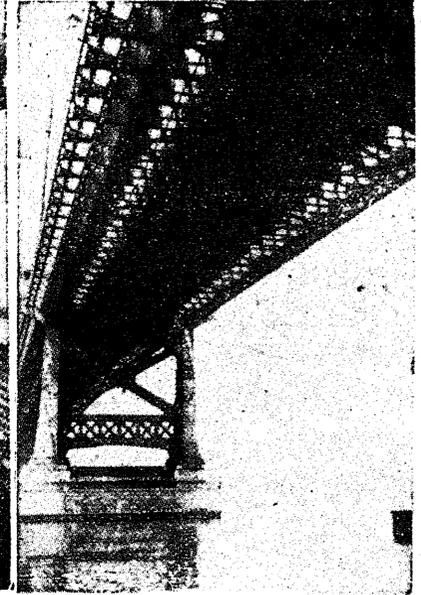
第 6 3 圖

(其 1)



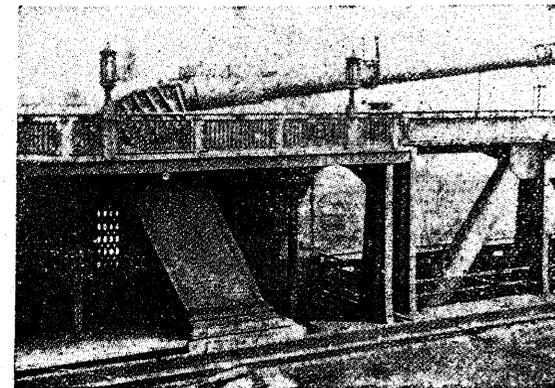
デラウェア河橋 (米) Delaware Rv. bridge

(其 2)



同橋下面圖

(其 3)

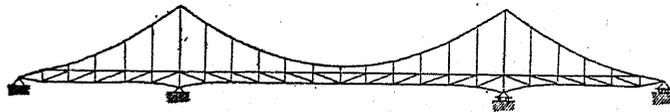


同橋索條終端圖

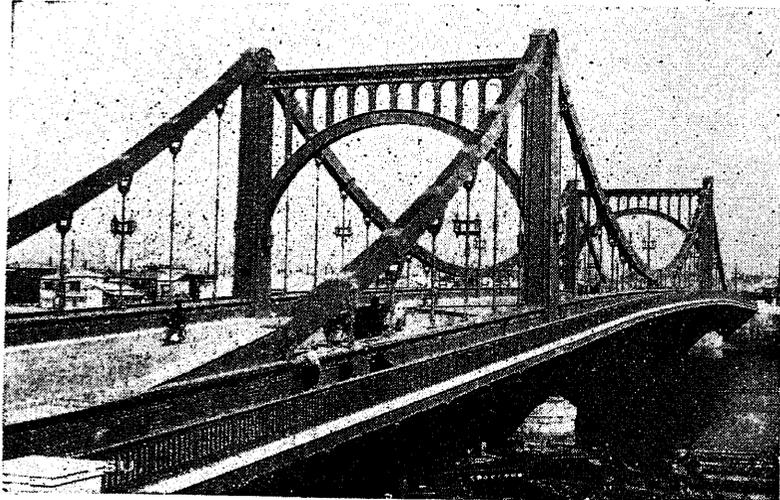
碇 Anchorage は吊橋の垂直反力の一部及水平反力の全部に抵抗するもので之が動き出す事は支塔に無理を與へ遂に橋を墜落せしむるものである、故に巨大なる混凝土塊又は其所に岩磐があれば岩磐の奥深く充分に索條を碇着するのである。

尙第 64 圖に示すものは**自碇式吊橋** Self anchored suspension bridge と稱すべく特別なる型式の吊橋である、乃ち索條の兩端を補剛桁（構）に連絡して其の水平分力を相殺し垂直分力のみを橋臺へ傳へる様にしたものである、而して此の垂直分力は左程大ではない故普通の橋臺の構造で充分であつて巨大なる碇を必要としない、のみならず兩岸に何等碇着してな

第 6 4 圖



其 の 實 例



清洲橋

い爲に地震等の影響によつて雙方の碇の異りたる震動により索條に應力を惹起する虞もなくなる譯である。

可動橋 文字の通り上部構造の動き得る橋梁の總稱であつて河川、運河に於て巨大なる船舶の通航に對して橋梁が其の支障物たる事は申す迄もない、斯る場合には橋桁以上が上下に動き又は左右に開き得る構造となし船舶の通航しない時は普通の橋梁として専ら陸上の交通に便するのである、此の意味からして可動橋に對し他の型式橋梁を**定置橋** Fixed bridge と稱する事が出来る。

可動橋を其の動く方向又は方法によつて區別すれば

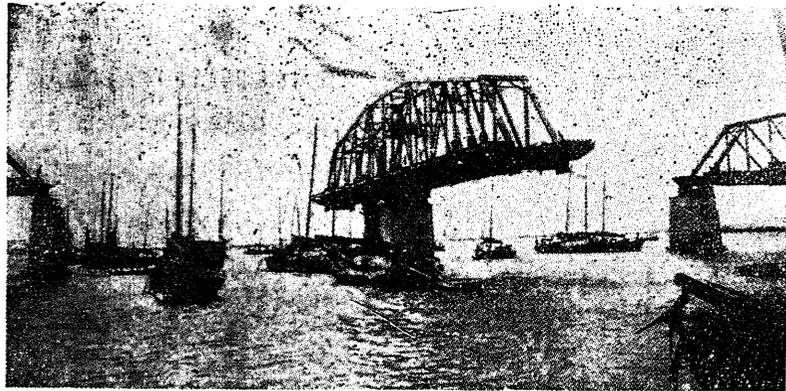
- 旋開橋** Swing bridge.
- 跳開橋** Eascule bridge.
- 昇開橋** Lift bridge.
- 輾開橋** Horizontal rolling bridge.
- 輸送橋** Trasporter bridge.

等である。

旋開橋 普段は橋臺及中央橋脚の三點で支へられるが船舶の通航の際は中央の橋脚を軸として水平の方向に廻轉するものであつて中央橋脚上の支承構造によつて二種別する事が出来る、乃ち中央の支承部が一本の軸で支へられて居る**尖軸支承式** Pivot bearing type と支承部に圓形の臺があり中心に心棒があつて其の圓周に夥多の輾子を置き之にて支へられた**輪縁支承式** Rim bearing type である、兩者は各其の得失を有するけれども前者の方が多く用ひられて居る、一般に旋開橋の不便とする點は水路の滯筋に大なる橋脚を設置する故船舶の通航に對して不便であるのみならず船が橋の周圍に近付く時は廻轉する事が非常に危険である、且其の橋の近くに新橋の架設を許さず橋巾を擴張する事も不可能である、其他構造上の缺點等よりして現今では次に述べる跳開橋及昇開橋が主として使用せられ旋開橋は新規に造られる事はない、鴨綠江の旋開橋は我邦に於て有名である（第 65 圖参照）。

跳開橋 水平軸の廻りに橋梁の上部構造が垂直の方向に廻轉するもので

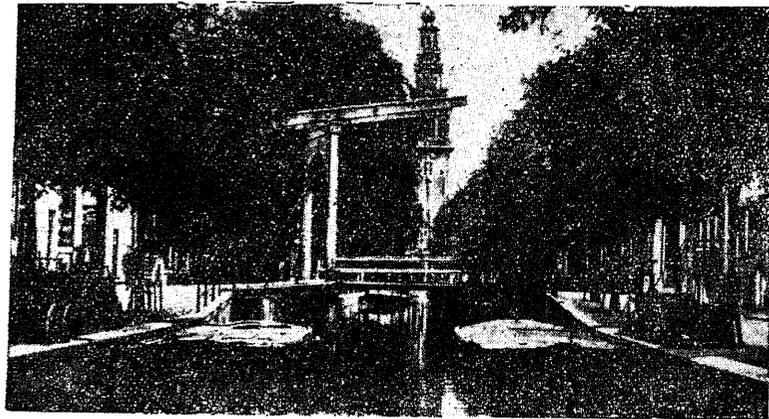
第 6 5 圖



鴨綠江旋開橋

Bascule の言葉は balance (天秤) と云ふ意味である、橋の移動の方法は踏切の柵と同様である、小規模の跳ね釣瓶式のものゝ和蘭等の水郷に甚だ多い (第 66 圖)、近來の大規模のものゝ米國に其の實例が多い。

第 6 6 圖



和蘭釣瓶式跳開橋

跳開橋を橋桁 (構) の開き方によつて區別して

單葉式 Single leaf 一片開きのもの。

複葉式 Double leaf 一兩開きのもの。

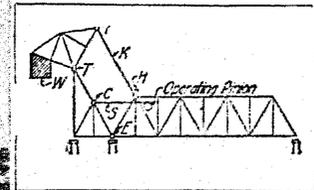
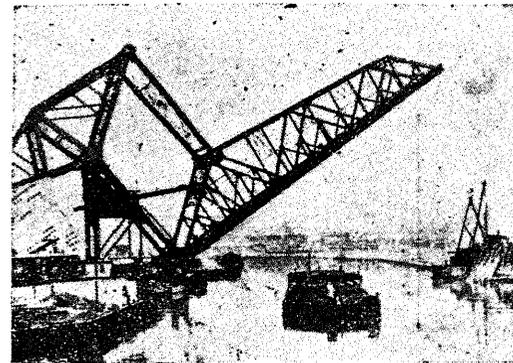
とする事が出来る、又現今多く使用せられる跳開橋を開閉の構造によつて區別すると

トラニオン型 Trunnion type.

ローリングリフト型 Rolling lift type.

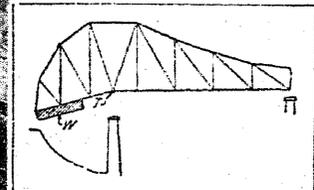
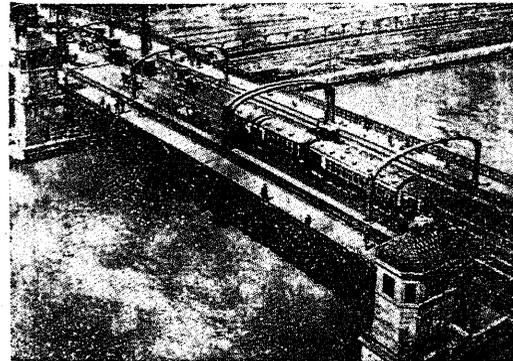
とにする事が出来る、而して多くの型式は其の開閉の工夫等によつて特許品となつて居る、シュトラウス型 Straus type シカゴ市型 Chicago City type ブラウン型 Brown type は前者に屬しシエルツァー型 Scherzer type ロール型 Rall type は後者に屬するものである (第 67 圖乃至第 71 圖参照)。

第 6 7 圖



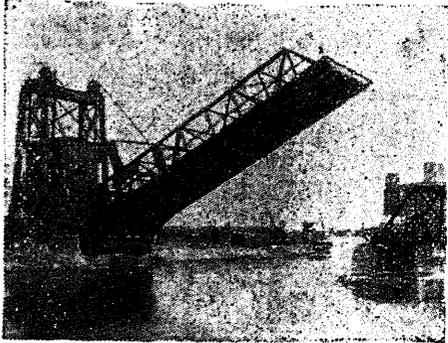
シュトラウス型跳開橋

第 6 8 圖

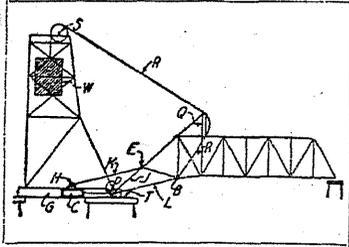


シカゴ市型跳開橋

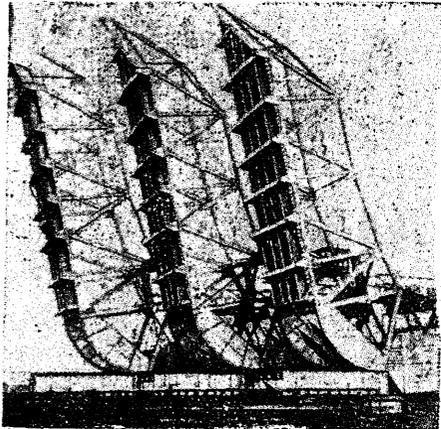
第 6 9 圖



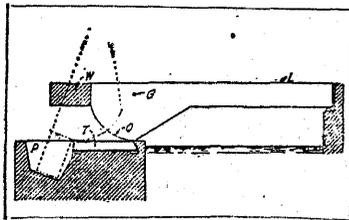
ブラサン型跳開橋



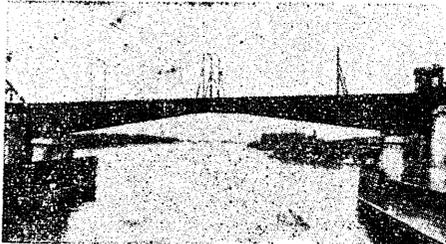
第 7 0 圖



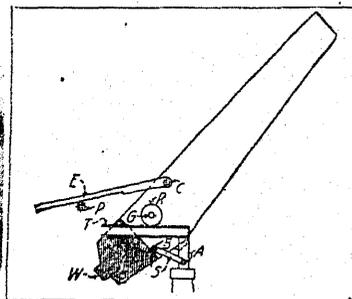
ワエルトアー型跳開橋



第 7 1 圖



ロール型跳開橋



尙有名なる倫敦の塔橋 Tower bridge は 1894 年に竣工した橋梁であつて徑間 200 呎のトラニオン型複葉跳開橋で工費約一千萬圓を要し外觀の壯重なる事今日も尙倫敦の名所として推稱せられて居る (第 72 圖参照)。

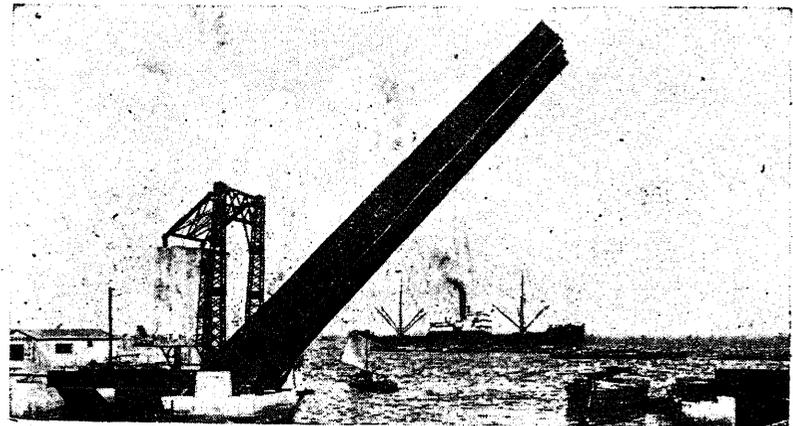
第 7 2 圖



タワー橋 (英) Tower bridge, London

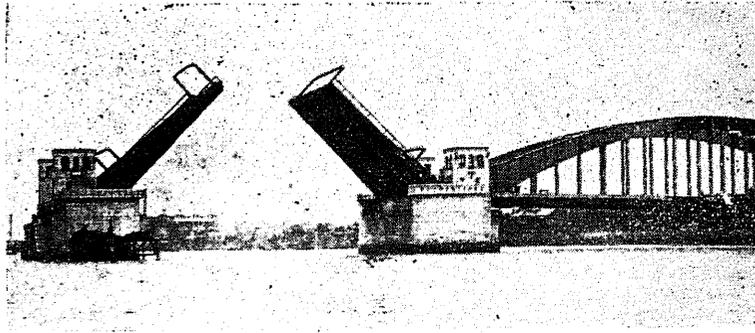
東京築地より月島に架す勝鬨橋はシカゴ市型跳開橋にして芝浦に架設せられる跳開橋はシュトラウス型である (第 73 圖参照)。

第 7 3 圖 甲



芝浦跳開橋

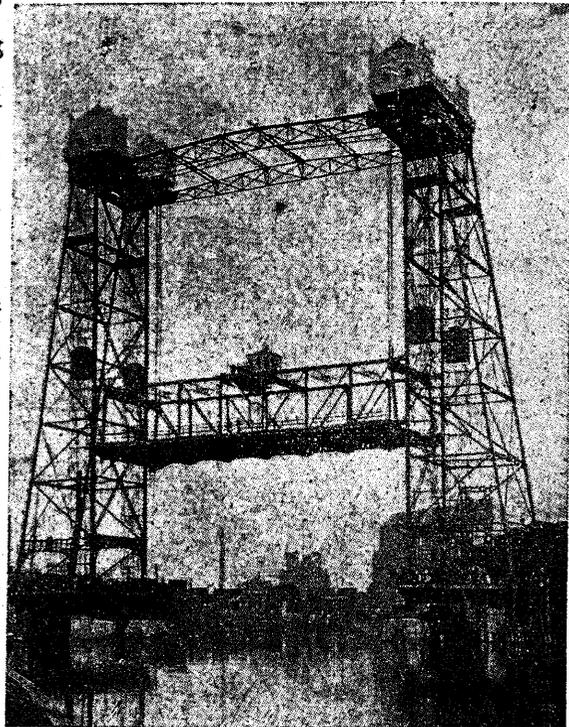
第 7 3 圖 乙



勝 岡 橋

第 7 4 圖

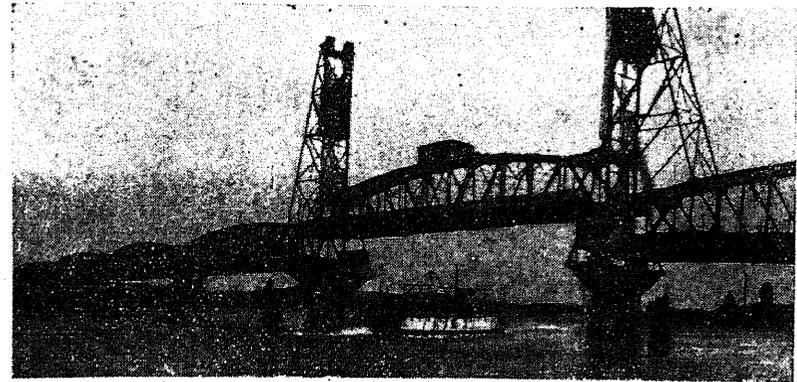
昇開橋 船舶の通航に際して上部構造が両側の塔に沿うて吊り上げられる様な装置をなしたものである、吊上げの高度は架橋地点の地勢と通航する船舶の如何によつて定められるもので甚しきに至つては五十米に及ぶものがある、而して高度の高いもの程吊上げられた場合横荷重に對



ヘステット街昇開橋 (米) Halsted St. lift bridge, Chicago

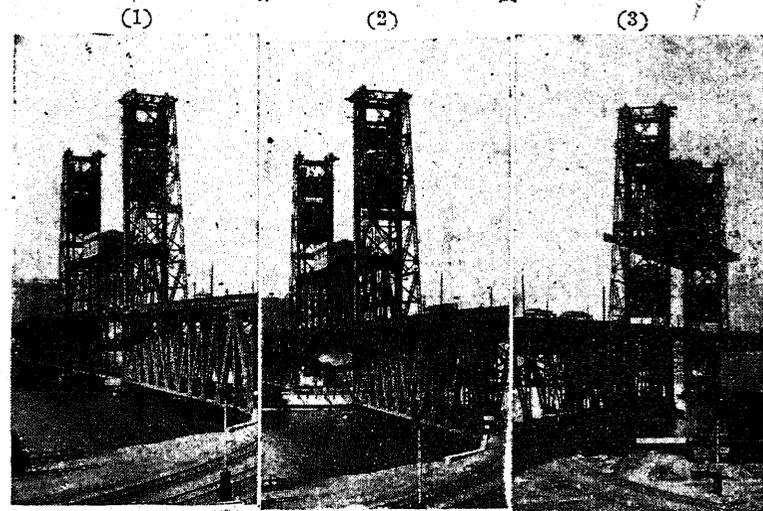
して危険である、又二重床部のものにおいて吊上げを二段として船舶の程度によつて下段の床部のみを吊上げて上段の交通を許すものもある (第 76 圖参照)。

第 7 5 圖



ホーソン昇開橋 (米) Hawthorne lift bridge, Portland, Ore.

第 7 6 圖

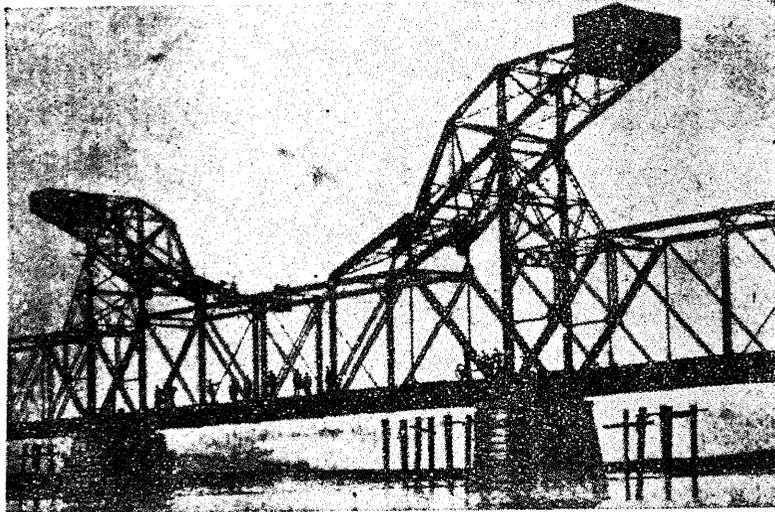


O. W. R. R. and N. Co's Bridge, Portland.

(床部は二重として上層は公道、下層は鐵道に使用す、昇開の方法も二段とす)
 (1) は普段の状態。 (2) は下層のみ昇開したる状態。 (3) は上下層共昇開したる状態。

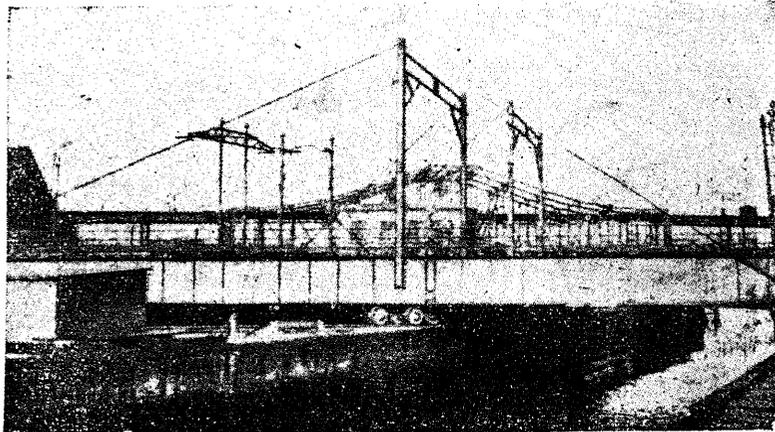
第 77 圖は**挺杆昇開橋** Balanced lever lift bridge と稱するもので兩側に塔を用ひず鎖を以て吊上げる更に挺を以て兩端を吊上げる装置をなしたものである。

第 7 7 圖



挺杆昇開橋 (米イソノイ)

第 7 8 圖



纜開橋 (米ボストン)

懸梁橋 上部構造が岸に設けられた臺の上に乗り船舶の近付くにつれて橋桁が橋臺に引込まれる様に装置したもので構造は簡單であるが大なる徑間には使用せられない (第 78 圖参照)。

以上述べた種類の可動橋は陸路の交通を主とし水路の通航を従としたものであつて假令橋は開閉するとしても構造物其物は水路にとつては甚だ迷惑である。

輪送橋 水路の通航を主とし陸路の交通を従とする地點に設けられるものであつて他の橋梁とは大に趣を異にして居る、乃ち橋梁の上には人の通る路面がなく橋桁は船舶の通航に支障ない高さに架設され橋桁の上を進行する車輪より綱が下つてゐて綱の下端に人車を容れる函を設け車輪の進行と共に函を進行せしめ兩岸の交通を計るものである (第 79 圖及第 80 圖参照)。

第 7 9 圖



英ミッドルズボロ (Middlesbrough) の輪送橋 (橋桁に結橋を使用したもの)

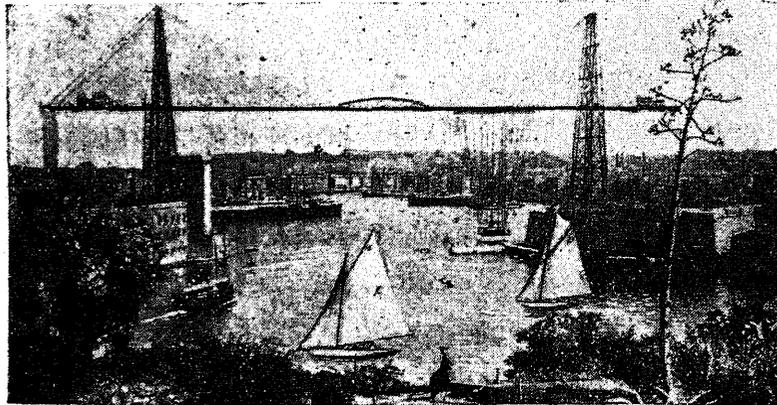
(d) 床部の位置に依る種別.

上路橋 Deck bridge.

中踏橋 Half through bridge.

下路橋 Through bridge.

第 8 0 圖

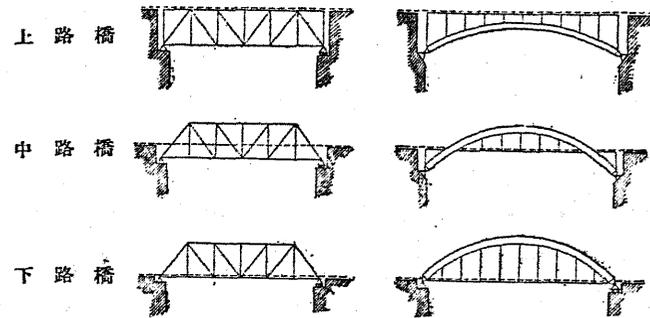


佛マルセイユ (Marseille) の輪送橋 (橋桁は吊橋の型をとりたるもの)

上路橋とは床部が上部構造主要部分の上部に設けられたものを稱し下路橋とは下部に設けられたものを稱するのである、例へば平行弦の構橋に就いて云へば上路橋とは上弦材附近に於て、下路橋とは下弦材附近に於て床桁 Floor beam を主構に取付けたものである、而して兩者の稍中間に位するものを中路橋と云ふのである (第 81 圖参照)。

一般に上路橋は床部、橋門構 Portal bracing 及對傾構 Sway bracing の取付け其他構造に於て最も簡單且維持も容易であつて三種の内最も經濟的である又市街橋として橋上通行の際何等見界を遮るものがなく地勢の許す限り選擇せらるべき型式であるが船舶等の通行する河川及兩岸の低い河川にありては架設する事困難な場合が多い、斯る場合己むを得ず他の二型式が採用せられるのである、中路橋及下路橋には上路橋に比較して綾構等の取付けが複雑となるのみならず公道橋に於ては殊に主要部分と床部との交はる附近の構造複雑となり維持も困難である、畢竟此の部分の腐朽により橋梁全體の壽命を短縮する。

第 8 1 圖



東京市内の例。

上路橋……御茶之水橋 (第 51 圖)、藏前橋 (第 30 圖)、兩國橋 (第 20 圖)、聖橋 (第 26 圖)。

中路橋……駒形橋 (中央徑間) (第 32 圖)、東武鐵道隅田橋 (第 21 圖)。

下路橋……永代橋 (第 46 圖)、厩橋 (第 46 圖)、新大橋、清洲橋 (第 64 圖)。

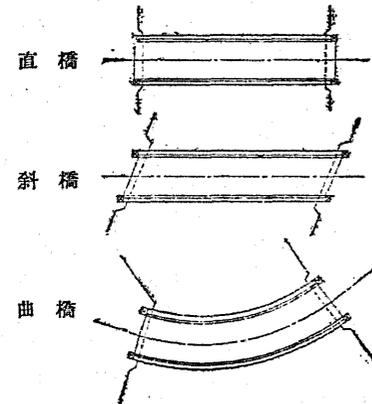
(e) 橋の上構の平面形に依る種別。

直橋 Square bridge.

斜橋 Skew bridge.

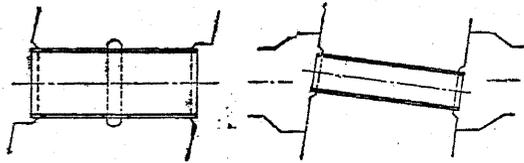
曲橋 Curved bridge.

第 8 2 圖



直橋とは橋の主要部分の平面形 Plan が矩形をなすもので、斜橋とは平行四邊形、曲橋とは曲線形をなすものを稱するのである。

直橋は構造最も簡單且經濟的で外觀もよい、殊に鐵橋に於て斜橋及曲橋を架設する事は非常に困難であつて場合に依つては殆ど不可能である、出來得る限り直橋を撰ぶ可きは勿論である、市街橋は一般に斜橋となる場合が多く直橋となる場合は例外と云つてもよい程である、斯る場合第

第 8 3 圖
(甲) (乙)

83 圖の如く斜橋を嫌つて無理に直橋を架けた實例はあるが其の結果 (甲) は水路の通航及水流を障害する事甚しく (乙) は陸路交通を妨害する事明かて通路又は水路全長の價値を著しく低下する、故に斯る場合には構造の困難、工費の増加を多少犠牲にしても斜橋とする様型式を考究すべきである、又斜橋は斜架の度の如何に係らず總ての點に於て構造の困難及不經濟を免れざるを以て極些小なる斜度の場合には橋臺近くの格點若くは橋門構を多少加減して大體に於て直橋の構造とする事も亦一つの方法である其の程度の判断は一種の技術である、斜橋架設の場合に注意すべき事は通航及通路に必要な幅員である、徑間長は斜架の方向に測るべきが橋下の有効幅員は直角の方向に測るべきものである、然るに往々兩者を混淆し最後に於て設計を直す様な結果を齎す事がある河中に橋脚を設ける様な場合には殊に注意すべきである。

§ 2. 橋梁の主要部分 Main parts of bridge.

橋梁は其の構造を二つの主要なる部分に別つ事が出来る。

上部構造 Superstructure.

下部構造 Substructure.

上部構造は上構とも稱し俗に「橋」と稱する部分で通路を支へて荷重を橋臺及橋脚に傳達する部分である、更に之を分ちて床張 Flooring 床部 Floor system 及主要構造 Main structure とする事が出来る。

下部構造は下構とも稱し俗に「橋ダイ」と云はれる部分である乃ち上部

構造より來た荷重を地盤迄傳へる橋臺及橋脚の總稱である、鐵筋混凝土桁 (構) 橋の如く橋脚及橋臺に相當する部分が上部構造の一部をなすものは基礎以上を上部構造と見做すべきである。

第 2 節 橋梁の寸法.

Dimensions of bridge.

§ 3. 橋長 Length of bridge.

橋長とは普通上部構造の長さ乃ち橋端踏掛石 (布敷石) の内側の長を云ふのであつて橋梁設計に當つて此の長を米突のラウンドナンバー Round number にする様に心掛けるのである、橋長は河川に架けられる橋梁なれば其の河幅と大體一致し陸橋等に於ては其の下を通る列車の建築限界以上とする、又築堤の低い河川にありては洪水の危険を無からしめる爲橋長を兩岸以外にも延長して置く事がある、斯るものを避溢橋 Flood bridge と云ふのである、又船舶の通航及水流に對して餘り障害とならざる地點に於ては多少橋臺を河中に突出せしめ所謂翼壁 Wing wall を造つて橋梁の外観を整へることもある、然し徒らに橋長を短縮せんが爲に橋臺を河岸より突出せしめる事は治水、水利に妨害となるのみならず外觀上決してよい結果を齎さない。

§ 4. 徑間 Span.

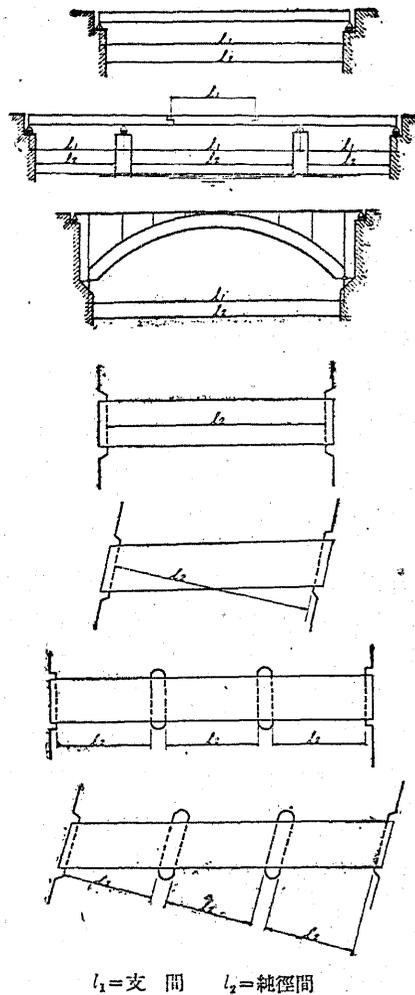
徑間には支間 Effective span と純徑間 Clear span との二種ある、而して普通單にスパンと云ふのは支間を指すのである。

第 84 圖に示すが如く支間とは設計々算に於て常にスパンレングス (L) として使用せられ支承面或は鉋 Pin の心々間距離を云ふのであつて純徑間とは河川の實際使用し得る幅員である故に斜橋の場合に於ては橋脚及橋臺の間を直角に測りたる長である。

徑間の決定は非常に肝要なる事であつて且可成り難しい事である、治水及水利の點より云へば橋脚のない事を尊ぶが徑間の大なる事は一般に工費を増加するものである、又治水、水利に關係なくとも地質の軟弱なる所或は溪谷の深き所に於ては橋脚を設ける事は多大の費用を要するを以て徑間を小にする事が反つて不經濟となる又外觀より云つても徑間を餘り小にする事は甚だ面白くない 殊に市街橋に於ては斜橋となる場合が多く之丈純徑間に比して支間の長が延びて来る、一方橋の厚みを増し度くない關係もあり徑間決定の良否は非常に重大なる影響を全橋梁に及すものである、若し之が決定を誤る時は如何に型式を選擇し或は部分的に裝飾しても全體として其の形を整へる事は出来ないものである。

上部構造費と下部構造費との割合に就いては次の如く云はれて居る。
架橋地點の地質が全然一樣なる時は下部構造の工費を橋長で割つた單位

第 8 4 圖


 $l_1 = \text{支間}$ $l_2 = \text{純徑間}$

長當りの工費と上部構造中主構（桁）及横構の單位長當りに要する工費とが等しい時には最も經濟的である、勿論之は一般的に云つた事であり假定もあり誤差もあるが大體の見安とする事が出来る、公道橋の實例に於ては以上の比例よりも多少上部構造の工費の高い方が經濟的である。

§ 5. 橋幅 Width of bridge.

橋梁の有効幅員 Effective width とは公道橋に於ては高欄に地覆を使用する場合には其の内側の距離、若し地覆を使用しない場合には高欄の笠木の内側の距離を云ふのである、但し鋼道路橋設計示方書案第四條の建築限界の規定に依り高さ 20 纏以下の縁石又は地覆に限り長さ 20 纏丈有効幅員の内側に這入る事を認めて居るのである（附録參照）、而して此の有効幅員に對しては内務省令第二十四號及第二十五號（附録道路構造令第十二條、第十七條及街路構造令第十五條參照）に規定せられ更に各同上改正案に依つて補足訂正せられて居るのである（附録道路構造令並同細則改正案第五及街路構造令改正案並同細則案第六參照）。

是等の規定に依れば橋梁の有効幅員は接續道路及街路の之と同一と爲す事を原則とし唯橋長の長いものに對して稍縮小する事を認めて居るのである、然し之も要するに橋梁及隧道が道路に比して非常に高價なる理由に依り設けられたものであつて橋幅を縮小することは接續道路全體の價値を低下する結果となる故に橋幅を決定する際は宜しく接續道路の狀況を熟慮し單に規定に許されて居る故を以て漫然と縮小すべきではない殊に車道の幅員を縮小するが如き事は餘程慎重に考慮すべきである。

尙街路構造令第三條、第四條及街路構造令改正案並同細則案第八に於て有効幅員 11 米（6 間）以上の街路に於ては歩車道を區別する様規定せられて居る故に橋梁に於ても斯る街路に該當する場合には同様歩車道を區別すべきである、然し歩車道幅員の割合に付いては前後道路の之と同一にすべ

きや否やは大いに疑問である、其の理由は兩側に人家楯比の街路に於ける實際有効に使用し得る歩道幅員と橋梁上の之とを比較するのみで明かに了解し得る事である。

第 2 表 街路の幅員割合 共 1.

東京市の街路の割合は第 2 表の如くにして軌道は 22 米以上の街路に敷設されて居る、但し 22 米街路に限り軌道を敷設する場合には車道幅員を 16.6 米各側歩道幅員を 2.7 米とする事になつて居る。

街路の有効幅員	車道幅員	各側歩道幅員
11 米	6.0 米	2.5 米
15 "	9.0 "	3.0 "
16 "	10.0 "	3.0 "
18 "	11.0 "	3.5 "
20 "	13.0 "	3.5 "
22 "	14.6 "	3.7 "
25 "	16.6 "	4.2 "
27 "	18.0 "	4.5 "
33 "	22.0 "	5.5 "
36 "	24.0 "	6.0 "

東京市街橋は街路と同様第 2 表の割合に依り歩車道が區別せられて居るが一般に諸外國の例に比較して歩道が稍廣過ぎる觀がある殊に幅員の小なる橋梁に於て著しい、元來歩車道の幅員割合は架橋地點の情勢の如何に依つて之を定むべきものであつて一定せる規約を設くべきものではない、東京市の如く比較的高速度車輛の通過する事の多い土地に於ては車道を今少しく廣くすべきである、

第 3 表 街路の幅員割合 共 2.

街路有効幅員	車道幅員	各側歩道幅員
11 米	7.0 米	2.0 米
15 "	10.0 "	2.5 "
16 "	10.6 "	2.7 "
18 "	12.0 "	3.0 "
20 "	13.2 "	3.4 "

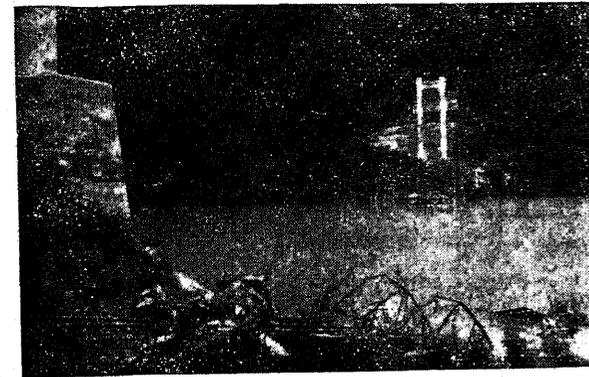
殊に小なる幅員の橋梁に於ては外觀より云つても其の方が可い、著者は幅員の小なる市街橋に對しては第 3 表に示すが如き標準幅員の割合を推稱する。

鐵道橋に於ては主として列車専用橋なるが故に其の有効幅員は鐵道省令

第二號に規定せられる建築限界、複線の場合には更に軌道中心間隔に依つて定められるのである（附錄國有鐵道建設規程第四節、第五節參照）。

茲に於て注意すべき事は横荷重に對する安定である、市街橋の如く比較的死荷重の大なる殊に橋長の短い橋梁に於ては横荷重の影響は大したものではないけれども死荷重の活荷重に比して小なる郊外橋及鐵道橋に於て殊に上路橋に於ては兩主構の間隔は横の安定に對して大に關係がある、又溪谷等に架する橋梁に於ては側面のみならず橋下より吹上げる風の事も忘れてはならない、山間の郊外橋殊に橋長の長いものに於ては活荷重よりも寧ろ横荷重を第一荷重として考慮すべき場合が多い、著者は此の荷重に對する不用意が原因となつて墜落した實例をも知つて居る、大に注意すべき事である。

第 8 5 圖



風荷重に因り墜落した橋梁

又鐵道橋に於ては横荷重の大なる場合（暴風雨の時の如き）でも公道橋に比較して活荷重が橋上を通過する事が多い爲に活荷重に當る横荷重をも充分考慮する必要がある。

§ 6. 橋下の空間

橋下の空間 Clearance は橋下を通過するものゝ種類に依つて一定しな

い、乃ち**跨線橋** Over bridge の場合には下を通過するものが鐵道であるならば**國有鐵道建設規程**第四節に、道路であるならば**道路構造令並同細則改正案**第六及**街路構造令改正案並同細則案**第七に各其の**建築限界** Construction gauge が規定せられて居るのである（附録参照）、又**運河橋** Canal bridge 及船舶の通航する河川に架する**河川橋** River bridge にありては其の幅員は船舶の最大幅員に依つて定まり高さは帆柱等を除ては積荷の種類に依つて定まるのである、普通傳馬船の通航する河川に於ては最高水位より約3米の餘裕を必要とする、船舶の通航しない河川にありては高さは専ら最高水位に依つて定められ洪水の際流木等に對する危険を慮り最高水位より1.2米乃至1.8米の餘裕を必要とするのである。

元來改修河川の築堤天端は計畫高水位より1.0米乃至1.5米高く造られて居る故橋梁の桁下端は築堤天端と略一致するのである、而して橋面は橋の厚み丈嵩上げる關係上前後道路とは勾配を以て連絡せなければならぬ、此の事は陸上交通に支障を來すことは云ふ迄もない殊に同一河川に平行して數多の橋梁を架する場合其の川沿道路は數回上下して著しく其の價値を低下する、故に往々橋梁の桁下端を築堤天端以下にし橋面を築堤天端と略同一高とし陸上交通の圓滑を計つたものがある、斯る橋梁は洪水に際して著しく通水を障害し橋梁の上流に於ける破堤の原因となるのである、斯くの如き場合に於ても陸上交通を多少犠牲にして充分桁下の空間を存置すべきである。

§ 7. 橋上の空間

之は主として下(中)路橋に於て主桁(構)の間隔を決定し或は橋門構、對傾構及橫構等を取付ける場合に必要となる事柄である。

鐵道橋に於ては§6同様國有鐵道建設規程第四節の建築限界に依つて定まり、公道橋の建築限界は鋼道路橋設計示方書案第四條に規定せられて居

るのである、此の規定に依れば車道の頭空 Clear head は4.5米を原則とし特殊の箇處に限つて4.0米迄低下する事を許して居るのである、歩道の頭空は2.5米とせられて居るけれども之は歩行者が通行する最小限度の空間にして若し歩車道境界附近に設置した主構の垂直材に電燈を歩道側に突出して取付ける様な場合には今少しく高く3.5米以上の處に設けた方が可い、又同條第8圖は歩車道の區別なき下(中)路橋に於て主桁(構)に橫桁を取付ける様な場合**繫板** Gusset plate 等を三角成りに建築限界内に這入る事を許したものである、第4圖は主構を歩車道境界附近に設けた場合端柱又は弦材は垂直材よりも幅が廣い事が普通であるを以て25種丈歩道の有効幅員内に這入つても差支へないと云ふ規定である。

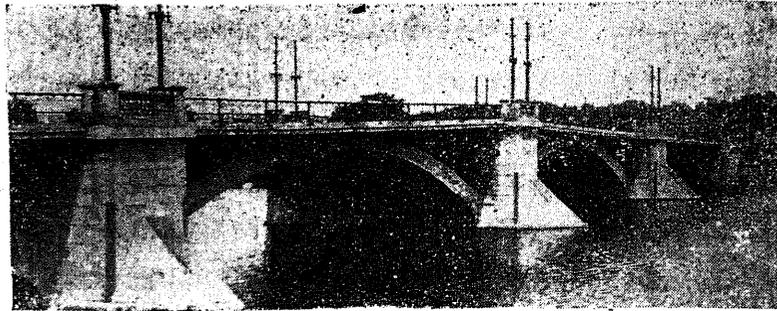
次に公道橋の建築限界には車道縁石より主構の端迄の距離が規定せられてないけれども此の距離の狭い事は縁石寄りの自動車交通に對して甚だ不安の念を抱かしめ且事故等に依り主構を破損せられる憂もある、然し一方此の部分は車道としては勿論歩道としても利用せられない部分であつて之を徒らに廣くする事は不意味な工費を要することになる、外國に於ては此の寸法を明記して居るものもある、著者は此の部分に23種(9吋)以上と規定し度い、而して主構が路面を貫く箇處は最も腐朽し易き部分なるを以て適當なる防護工を施すべきである。

§ 8. 橋面勾配

片勾配の道路内にある橋梁にして其の勾配に倣つて片勾配になしたるものは別として兩端同高なる橋梁に於ても排水及外觀の爲縱横共に中央部を稍高くし勾配を付けるのである、而して普通使用せられる曲線は拋物線 Parabola である。

縱斷勾配は多くの場合橋長全部に亘つて拋物線とするが兩岸との取付關係よりして橋長の中央一部分のみを曲線とし兩側は曲線末端の切線に添う

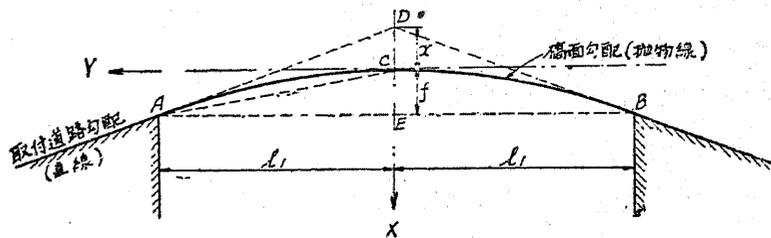
第 8 6 圖



橋面勾配を直線となしたる實例。

直線勾配となしたる例も尠くない、然し後者の場合に於ては曲線と直線との接続部の外觀悪く出来得可くは前者を撰ぶべきである、況んや設計及工事を簡単にするだけの目的の爲に直線勾配のみにする事は外觀上大に避くべき事である、橋面縦斷勾配の限界は §9 に述べる取付勾配によつて定まるものである、橋面縦斷を拋物線勾配となし取付道路を直線勾配となす時は橋上の曲線勾配は取付勾配の $\frac{1}{2}$ になるものである。

第 8 7 圖



第 87 圖に於て ACB は橋面拋物線勾配であるとし頂點 C に於て f だけの頂高 Rise を有するものとする、然る時は拋物線式

$$y^2 = 4dx$$

に於て $x=f$ $y=l_1$ $d = \frac{l_1^2}{4f}$ なる故 ACB 拋物線の式は

$$y^2 = 4 \left(\frac{l_1^2}{4f} \right) x \dots\dots\dots (1)$$

である、取付道路の勾配は A 點に於ける切線なるが故 AD の式は

$$l_1 y = 2 \left(\frac{l_1^2}{4f} \right) (x+f) \dots\dots\dots (2)$$

にして (2) 式に於て $y=0$ と置く時は

$$x = -f \dots\dots\dots (3)$$

となり x は CD の長さを表す、乃ち CD は DE の $\frac{1}{2}$ にして取付の道路勾配が $\frac{1}{n}$ なる時は AC なる勾配は $\frac{1}{2n}$ である。

街路構造令改正案並同細則案第十一に依り街路の縦斷勾配は幹線に於て $3\% \left(\frac{1}{33} \right)$ 、補助線に於て $4\% \left(\frac{1}{25} \right)$ と規定せられて居る故上述の方法に依れば橋面の拋物線勾配は $1.5\% \left(\frac{1}{67} \right)$ 乃至 $2\% \left(\frac{1}{50} \right)$ となる譯である、之が爲兩岸の比較的低い市街橋に於ては §6 橋下の空間の必要と相俟つて取付勾配は可成りの延長迄波及し街路に沿ふ人家の嵩上と云ふ厄介な問題が起るのである、東京市内の橋梁の最急橋面勾配は幹線に於ては $1.67\% \left(\frac{1}{60} \right)$ 、補助線に於ては $2\% \left(\frac{1}{50} \right)$ の拋物線とし取付勾配は $3.3\% \left(\frac{1}{30} \right)$ 乃至 $4\% \left(\frac{1}{25} \right)$ となつて居る。

國道及府縣道の縦斷勾配は道路構造令並同細則改正案第十五に於て規定せられて居る。

尚道路構造令並同細則改正案第十七には道路の最小勾配が規定せられて居る、若し取付勾配を 0.5% とする時は橋面の拋物線勾配は $0.25\% \left(\frac{1}{400} \right)$ となる、無論斯る緩勾配は橋面を舗装する場合は兎に角として土橋の如き橋面を有する橋梁の橋面勾配としては甚だ緩である且幾パーセント勾配と云つても拋物線を使用する場合には中央部半分は其のパーセント以下の緩勾配となる事も留意せなければならぬ。

長き橋梁に於て東京市内の運河橋に使用するが如き勾配は確かに外觀上宜しくない、と云つて水平線橋梁は必ず中央部が垂下つて見えるものである、一般に餘り長くない橋梁に於ては 2% 乃至 1%、長い橋梁に於ては 1% 乃至 0.3% 位を適當とする。

横斷勾配は橋面舗裝の種類に依つて異り道路に對しては道路構造令並同細則改正案第十八及街路構造令改正案並同細則案第十四、第十五に依つて規定せられ橋梁の横斷勾配も成るべく以上の規定に準すべきである、然し橋梁の横斷勾配を急にすると床版 Slab と舗裝との間の填充混凝土の厚さを厚くする結果となり死荷重を増加する虞がある、故に成るべく緩なる勾配を撰び東京市内の橋梁に於ては木塊及其他の塊舗裝に於ては 1.67% 乃至 2% とし土橋に於ては 2.5% 位にしてある、尙軌道を設ける場合には軌道部は直線となし、歩車道を區別した場合には歩道は 1.25% 乃至 1% の直線勾配を高欄側より境界石の方に向けて付けてある。

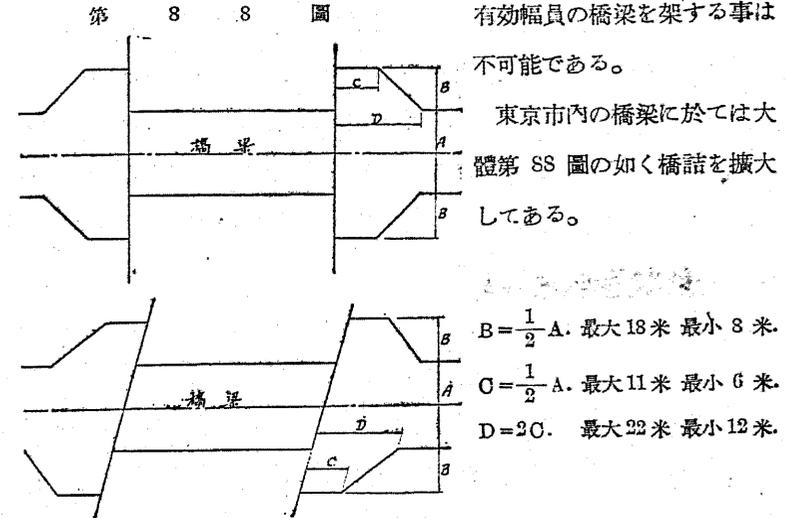
鐵道橋に對する勾配の制限は國有鐵道建設規程第三節に規定せられて居る。

§ 9. 取付道路 Approach.

橋梁の取付道路勾配は公道橋に於ては内務省令第二十四號第六條、第二十五號第五條及道路構造令並同細則改正案第十五乃至第二十、街路構造令改正案並同細則案第十一乃至第十五の規定に依るべきである、鐵道橋に對しては建設規定第三節に規定せられて居る（附録參照）。

尙街路構造令第十二條に於て見る如く市街橋に於ては外觀其他將來の改築又は擴築に備へて橋詰橋臺敷を相當擴大すべきである、元來橋臺敷の設計の巧拙は直ちに橋梁全體の外觀に影響するものであつて巴里セーヌ河の橋梁の如きは其の洪水敷に該當する部分を巧みに橋臺敷に利用し橋梁全體の外觀を整へたる好箇の實例である、加之道路構造令及街路構造令に於て

は前後道路と同一有効幅員の橋梁を架するを原則とするを以て上部構造自體のみより見ても高欄及親柱に相當する丈橋詰の幅員を擴大する必要がある、下部構造に至つては一般に橋臺敷幅が橋面幅より大となるものであつて更に施工の事を併せ考へる時は前後道路幅員のみの橋詰では道路と同一



第 3 節 荷 重 Load.

§ 10. 荷重の種類 Kinds of loads.

橋梁に對する荷重を大別して次の如くにする。

1. 活荷重 Live load.
2. 衝 撃 Impact.
3. 死荷重 Dead load.
4. 横荷重 Lateral load.
5. 縦荷重 Longitudinal load.
6. 遠心荷重 Centrifugal load.
7. 地震荷重 Seismic load.

8. 温度の變化 Temperature change.

9. 其他の荷重 Miscellaneous loads.

各荷重に對しては項を更めて説明する。

§ 11. 活荷重 Live load.

活荷重とは橋梁上を通過するものゝ重量である、故に公道橋ならば人馬、荷車、自動車、電車及軋壓機等であつて鐵道橋ならば列車である、如斯活荷重は動き得るものなるが故に時としては橋上全面を蔽ふ事もあるし時としては一部分のみに載る事もある、故に橋梁の各材片を設計するには夫々最大應力を起すべき荷重の状態を考へる事が必要である、死荷重の如く常に固定したものと大に異なる譯である。

活荷重は橋梁の種類、架設の場所等に依つて大に異なる、橋梁の種類に依るとは鐵道橋なれば列車、公道橋なれば群集、電車及自動車等なることで規定せられる活荷重も列車にせよ、自動車にせよ、又電車にせよ、現存するものの重量ではなく將來に對する増加を豫想したるものである故に木橋の如き一時的構造物と鐵橋及鐵筋混凝土橋の如き稍永久的構造物とは自ら設計に於て其の採用活荷重の大きさを區別すべきである。

又橋梁架設の場所に依るとは鐵道橋なれば本線に位する橋梁或は輕便鐵道に位する橋梁、公道橋なれば市街地にある橋梁或は國道、府縣道、町村道にある橋梁と其の路線及道路の價値によつて活荷重に自ら輕重ある事を意味するのである。

現今の橋梁に對する活荷重の標準を示せば次の如くである。

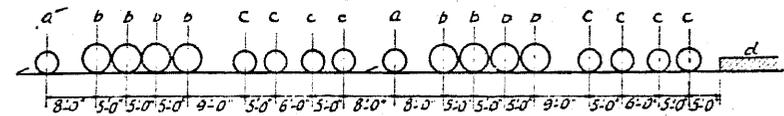
(a) 鐵道橋 本邦の鐵道橋荷重は鐵道建設規程第八節第二十九條に規定せられて居る(附録國有鐵道建設規程參照)。

米國に於けるクーパー E 荷重 Cooper's E Series は 1889 年クーパー氏の考案した列車の標準集中荷重であつて本邦に於ても永く使用せられた

ものである。

第 8 9 圖

クーパー E 荷重



$abbbb$ = 機關車

$cccc$ = 炭水車

d = 客貨車

n = クーパー E 荷重の E の數 (E 33, E 40, E 45 等)

$a = n \times 500$ 呎度

$b = n \times 1,000$ 呎度

$c = \frac{13}{20} b$ 呎度

$d = \frac{1}{10} b$ 呎度 / 呎

現在本邦鐵道橋に採用せられる規定標準 KS 荷重もクーパー E 荷重に則つたもので兩者の關係は次の如くである。

FS-18.....E-40

KS-16.....E-35

KS-15.....E-33

KS-14.....E-31

KS-13.....E-29

KS-12.....E-26

尙 K 荷重と S 荷重の二つを規定したのは集中荷重の橋梁に對する影響は其の全重量の輕重のみによるものではなく荷重の分布状態及車輪間の距離にも關係を有する、即ち重量の小なる機關車でも其の車軸間隔が小な

る場合には却つて大なる應力を惹起する事がある、小なる徑間長の橋梁及床部の構造に對しては寧ろ S 荷重の方が大なる影響を與へるのである。

(b) 公道橋 本邦公道橋の活荷重は内務省令第二十四號第十三條、同二十五號第十七條及鋼道路橋設計示方書案第九條乃至第十二條に規定せられて居る (附録参照)。

尙電車荷重に對しては車輛の占有幅及荷重は同上示方書案第十三條に依り任意に採用し得る様になつて居る、目下本邦にて使用せられる電車種類の大略を示す (附録本邦各都市の電車参照)。

(c) 載荷方法 鐵道橋及電車専用橋に於ては其の載荷状態は簡單にして自ら分明して居る、只複線軌道以上の場合には其の活荷重の方向に對し鋼鐵道橋設計示方書第六條に規定せられる様同方向或は異方向孰れかの方向をもとり得るのである (附録鋼鐵道橋設計示方書参照)、公道橋に於ては其の活荷重の種類も多く其の載荷方法も事實任意の状態をとり得るのである、然し夫等凡ての場合を考慮して設計する事は殆ど不可能である、故に載荷の方法に或る規定を設けて之に依る載荷状態のみを考慮するのである (附録鋼道路橋設計示方書案第二十二條参照)。

(d) 荷重の分布 Distribution of load. 荷重が床部及主要構造に作用する迄には軌道の剛性、鋪裝及土被り等によつて或る面積に分布せられ面積荷重として作用するものである且床張の鐵筋混凝土床版に於ては其の分布鐵筋 Distributing bar 等に依つて面積荷重の幅員より更に大なる有効幅員を以て抵抗される事は想像し得る、此の荷重分布の方法及床版の有効幅員は夫等の假定如何に依つて床部の構造に非常なる影響を有するものである。

分布面積に對しては鋼道路橋設計示方書案第二十三條に規定せられ、床版の有効幅員に對しては同上第二十四條に規定せられて居る、同上第二十

五條は四邊に於て支へられる床版 Four supported slab の荷重分布に對する規定であつて其の場合混凝土の強度は兩方向の應力の合成力をとらず各方向の強度を以て許容強度と比較せられるのである。

e) 當量荷重 Equivalent load.

列車荷重及電車荷重等の集中荷重に依つて橋梁主要構造を計算する事は非常に煩雜であるのみならず連續桁及拱等の靜力學不決定構造物に於ては事實上殆ど不可能である、故に斯る型式の構造物及長き徑間の單構等に於て其の計算を簡單にする目的の爲當量荷重が屢々用ひられる、當量荷重とは同一徑間の橋梁に對して與へられたる集中荷重と稍同一影響を與へる便宜荷重 Conventional load である。

當量荷重の重なるものを示せば次の如きである。

1) 一個の集中荷重と等布荷重.

列車荷重に對して或る等布荷重 p と機關車の過大荷重量を一つの集中荷重 P を以て代用したものである。

今 E 一機關車の全重量.

e 一機關車の全長.

w' 貨客車に相當する部分の等布荷重.

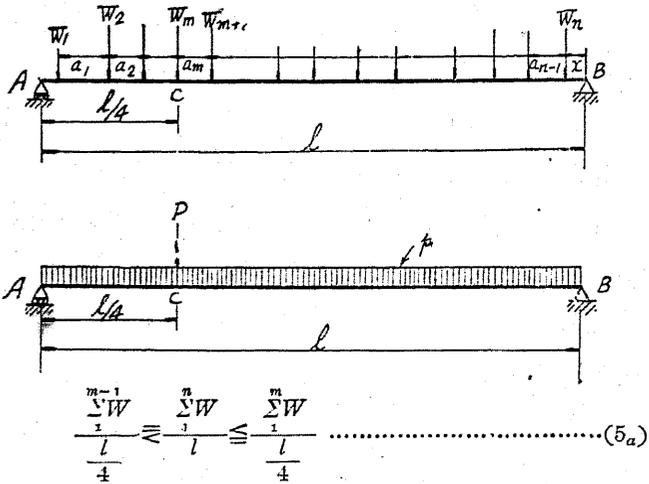
とすれば機關車二臺連結する場合には

$$P=2E-2ew'=2(E-ew') \dots\dots\dots (4)$$

にして p なる等布荷重は徑間長 l の $\frac{1}{4}$ の點に於て與へられたる列車荷重に依つて生ずる最大彎曲率と P なる集中荷重と p なる等布荷重に依つて生ずる最大彎曲率と相等しいとして求められる。

C 點は徑間長 AB の $\frac{1}{4}$ の點である、 W_1-W_n なる集中荷重により C 點に生ずる彎曲率 M_c が最大となる爲には一つの荷重 W_m が C 點上にあり且

第 9 0 圖



なる条件を満足したる場合に於て

$$M_c = \frac{1}{1} (a_1 W_1 + a_2 \sum_1^2 W + \dots + a_n \sum_1^n W) - (a_1 W_1 + a_2 \sum_1^2 W + \dots + a_{m-1} \sum_1^{m-1} W) \dots (5b)$$

である、又 P なる一つの集中荷重及 p なる等布荷重による C 点の最大彎曲率 M_c' は

$$M_c' = \frac{3}{16} Pl + \frac{3}{32} p l^2 \dots (6)$$

である、 $M_c = M_c'$ とすれば

$$p = \frac{32}{3} \frac{M_c}{l^2} - \frac{2P}{l} \dots (7)$$

となる。

乃ち (4) 式と (7) 式に依つて與へられる P と p とを列車荷重に對する當量荷重とし両者は別々の活荷重として取扱はれるのである、米國に於ては多く此の方法が採用せられて居る。

2) 二個の集中荷重と等布荷重.

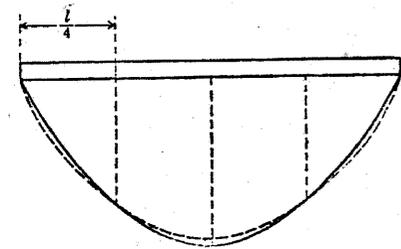
1) に求められた P と p との更りに $Q = \frac{1}{2} P$ なる二つの荷重を 4.6 米の間隔に配置し之と p とを當量荷重とし両者は別々の活荷重として取扱はれる方法である。

3) 當量等布荷重 Equivalent uniform load.

本邦に於て公道橋に最も多く採用せられるものであつて電車荷重等の集中荷重による或る點の最大彎曲率と當量等布荷重 p による同一點の最大彎曲率とを等しくしたものである。

一般に等布荷重の最大彎曲率圖は徑間の中央に頂點を有する拋物線となる事は明かである又集中荷重の最大彎曲率圖は徑間の中央に頂點を有する拋物線に類似せる稍扁平なる曲線となるものである、故に若し兩荷重の最大彎曲率を徑間の中央に於て等しくする様な條件で當量等布荷重を定める時は當量等布荷重に依る各點の最大彎曲率は實際の値よりも稍大なる結果を與へる、若し徑間長の $\frac{1}{4}$ の點に於ける最大彎曲率より定める時は第 91 圖の如く徑間の中央部に於ては實際の値よりも稍大となり兩端近くに於ては稍小となるのであるが實際に於ては之を以て決定したものが多。

第 9 1 圖



實線は等布荷重による最大彎曲率圖
點線は實際荷重による最大彎曲率圖

なるのであるが實際に於ては之を以て決定したものが多。

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{32}{3} \frac{M_c}{l^2} \\ c &= \frac{l}{4} \end{aligned} \right\} \dots (8)$$

斯くの如くにして求められた當量等布荷重を使用する事は勿論多少の誤差はあるけれども計算は非常に簡便になる、殊に徑間長の大なるもの (30'

米以上)に於ては其の誤差は 2%~3% 以内である, 米國に於ては 60 呎以上の徑間に限り之を使用する事を許して居る, 次に東京市の電車荷重に對する當量等布荷重を示す(附録参照)。

§ 12. 衝 撃 Impact.

一般に活荷重が橋梁上を疾走する場合には車輪の不釣合、軌條の接手等に因る不規則な運動の爲に一種の振動を橋體に與へて荷重が靜かにかゝる場合乃ち靜止荷重 Statical load と比較すると著しく大なる影響を與へる事は推知するに難くはない、此の現象を衝撃と稱し之に因る應力の増加を如何程に豫想するかは到底正確なる結果は望まれない、普通橋梁の設計に於ては此の影響に對應せん爲に次の二つの方法が用ひられて居る。

1. 許容應力を低下する方法.
2. 衝撃係數 Coefficient of impact を定め之を活荷重或は活荷重應力に乘じ活荷重又は活荷重應力を増加する方法.

第一の方法は古く英國及獨逸に於て採用せられた事があるけれども現今は主として第二の方法に依つて居る、而して衝撃係數は鐵道橋及公道橋に依り、又其の等級に依つて各國及各設計者に依り種々多様の公式が發表せられて居る。

本邦の鐵道橋及公道橋に於ける衝撃係數は鋼鐵道橋設計示方書第五條及鋼道路橋設計示方書第十四條に規定せられて居る(附録参照)。

一般に衝撃係數の公式は主として橋上の活荷重の長を基礎として算出せられたものが多い、而して衝撃の影響は活荷重の速度及重量、橋梁用材の種類或は上構の構造等に依つて異なるもので活荷重及橋體の軽い程衝撃の影響の割合は大であると云ふ事は認められて居る、又上述の衝撃係數を求める公式は主として鐵橋に對する公式であつて鐵筋混凝土橋等の如き非常に死荷重大なるものにも同一公式を用ひる事は稍穩當を缺く嫌がある、若し

衝撃係數を計算する際プリコード Prichord の公式

$$I = \frac{L}{D+L}$$

$$I = \frac{L^2}{D+L}$$

上式中 L =活荷重應力.

D =死荷重應力.

の如きものを使用する時は自ら土被り等の影響も算入せられる結果となるが目下使用せられて居るものは此の事實に對して何等觸れて居ない。

§ 13. 死荷重 Dead load.

死荷重とは上部構造の重量である、乃ち之を大別して

1. 床張 Flooring 及高欄 Handrail の重量.
2. 床部 Floor system の重量.
3. 主要構造 Main structure の重量.
4. 綾構 Bracing の重量.

とする。

a) 床張の重量とは鐵道橋ならば軌道 Track、床礫 Ballast、及床版又は敷板 Planking の重量であつて公道橋ならば鋪裝 Pavement、軌道、填材 Filling、及床版等の重量である、何れも主要構造の設計に先つて豫め決定し得るものである、軌道の重量は鐵道橋に於ては鋼鐵道橋設計示方書第三條に最小 600 疋/米と規定せられ公道橋に於ては 400~600 疋/米位のものである。

b) 床部の重量とは縦桁 Stringer 及床桁 Floor beam 等の重量であつて公道橋に於ては床張の重量に比較して軽く主要構造に結構を使用した場合には結構の重量より稍軽い程度のものである、之も主要構造の設計に先じて格長 Panel length を定めて置けば決定し得るものである。

c) 主要構造の重量は d) 綾構の重量と共に其の型式、構造及徑間長等

に依つて著しく異なるものなるが故に簡単に豫想する事は相當困難である、其の假定方法として今日行はれて居る主なるものは

- 1. 實驗式により假定重量を定める方法。
- 2. 既設橋梁を基として假定重量を定める方法。

の二者ある。

第一の方法は著者の経験より見て現今の公道橋に於ては的確なる結果が得られない、稍單位を知る程度のもので之を過信したが爲に非常な間違の原因となる事が屢々ある、名によつて實驗式を信用する事は大に慎むべきことである。

第二の方法は第一の方法に比較して遙かに優つて居る、然し鐵道橋の如き構造簡單なるものは別として公道橋の如く地勢、幅員及型式等に依つて構造細部に變化のあるものの既設の類似橋梁を見出す事は實際に於ては困難な事である、殊に最近の如く活荷重の急激なる増加に伴れて床張及床部の構造が改良せられつゝある場合に於ては尙更難しい、要する處數多く設計する内に得られる大體の豫想所謂「感」が最も確實なる結果を齎すものである乃ち経験の貴重なる理由の一つである。

以上或る假定の下に死荷重を豫想し之に依て設計に着手し設計完了後は必ず假定死荷重と實際死荷重とを比較検査するのである、而して兩者の差が ±5% を超過せざる様或は假定死荷重應力の誤差が實際死荷重應力に活荷重應力（衝撃を含む）を加へたるもの ±1% を超過せざる様に制限せられる。

茲に於て注意すべき事は死荷重と活荷重との比は鐵橋或は鐵筋混凝土橋等の橋種により甚だ異なる爲死荷重のみを比較する前者の検査法は全應力に對しては橋種に依つて異なる結果となる事である。

例へば假りに鐵橋と鐵筋混凝土橋とに於て死荷重と活荷重との比が各

1:4 及 1:1 なりとすれば

第 4 表

橋 種	死荷重應力と活荷重應力との比	假定死荷重の許容誤差を共に 5% とす	全應力に對する誤差
鐵 橋	1 : 4	5%	$\frac{5\%}{5} = 1\%$
鐵筋混凝土橋	1 : 1	5%	$\frac{5\%}{2} = 2.5\%$

第 4 表により全應力に對する誤差に於て鐵橋は 1% 鐵筋混凝土橋は 2.5% となる、設計精度は全應力に依つて比較せられるが故に假定死荷重の誤差の制限は死荷重及活荷重を合算したものに對して規定した後者の検査方法が可い。

次に死荷重算出に用ふる各材料の重量は鐵道橋に對しては鋼鐵道橋設計示方書第三條に、公道橋に對しては鋼道路橋設計示方書案第八條に規定せられて居る（附録参照）。

d) 綾構の重量とは横荷重に對する施設乃ち横構、對傾構及橋門構の重量である、是等の重量は既に c) に於て論及せられた通りである。

§ 14. 横荷重 Lateral load.

橋梁に對する横荷重の主なるものは風壓である、而して橋梁主體に作用する風壓のみならず橋上の活荷重の受ける風壓も考慮する必要がある。

風速と風壓との關係は次の式にて表される。

$P = K v^2 \dots\dots\dots (9)$

上式中 P=風壓 (廷/平方米)

v=風速 (米/秒)

K=係數 (0.06~0.125)

大颯風と稱せられる被害の甚大なるものは其の風速は 60 米/秒（東京市の記録 39.6 米/秒 — 大正六年十月津浪の時の最大風速、大阪市の記録

60.0 米 — 昭和九年九月關西大風害の時の最大風速) 位なるが故其の風壓は 200 珎/米² 乃至 450 珎/米² となる, 勿論斯際には橋上の活荷重は豫想する事が出来ない。

風壓の外に活荷重の通過に伴ふて生ずる構造物の横振れに起因する横荷重がある, 而して示方書の規定は是等を合算した値を示して居るのである。

鐵道橋に對する横荷重は鋼鐵道橋設計示方書第七條(附録参照)に規定せられて居る, 乃ち第一項に於ては列車の通過せざる場合、第二項に於ては列車の通過する場合の値を示して居る, 尙風壓は通過する列車の垂直投射面積にのみ依るもので其の重量には無關係である, 故に構造物の横安定に對しては寧ろ空車の如く垂直荷重の小なるものを考慮すべきである, 又鉸桁の如きものは垂直投射面積を計算する事は左程困難ではないが構の如きものは之を計算する事は相當面倒である且精確なる量を期待する事も出来ないので斯る場合には第二項の最小横荷重を以て計算する位で充分である。

公道橋に對する風荷重及横荷重は鋼道路橋設計示方書第十五條(附録参照)に於て鉸桁と單純構とに區別して規定せられて居る, 又是等の荷重が風上 wind side の主桁(構)のみに作用するか或は風下 Lee side のものにも作用するかは明示されて居ないけれども第十五條の荷重は風下の分をも考慮してあるものと見做し凡てを風上の主桁(構)のみに採つて差支へない。

§ 15. 縦荷重 Longitudinal load.

索引荷重 Traction load 或は制動荷重 Braking load とも稱せられ, 列車又は電車が橋上に於て急にブレーキをかけたり或は出發せんとする場合に前方又は後方に水平の方向に加へられる力である。

此の荷重に對しては鐵道橋は鋼鐵道橋設計示方書第八條、公道橋は鋼道路橋設計示方書案第十七條に規定せられて居る(附録参照), 此の荷重は普通の橋梁の設計には餘り考慮せられない, 脚柱 Trestle bent 等の設計に偶々使用せられるものである。

§ 16. 遠心荷重 Centrifugal load.

橋上に於て軌道が曲線をなす場合のみに生ずる荷重であつて遠心力の爲に生ずる水平力である, 公道橋に於ては鋼道路橋設計示方書案第十八條に規定せられて居るが實際には殆ど顧られない, 鐵道橋に於ては鋼鐵道橋設計示方書第九條に規定せられて居る(附録参照)。

§ 17. 地震荷重 Seismic load.

地震も亦一種の荷重であつて鋼道路橋設計示方書案第二十一條に依り計算せられ其の計算方法は橋梁の耐震計算に記載せられて居る(附録参照), 地震の方向は一定しない故種々なる方向に考慮する事は勿論である, 例へば橋臺の計算に於て其の方向が陸側に向ふ場合には橋背の土壓は全然無視せられるのであるが故に拱橋の如き水平反力に抵抗する橋臺に於ては此の場合の方が反つて大なる影響を與へる結果となる。

§ 18. 温度の變化による應力 Temperature stress.

温度の昇降も橋梁の構造に依つては部材に應力を與へるものである, 單桁の如く支承の構造が温度の昇降により桁が自由に伸縮し得る様に出来て居るものは之が爲に影響を受ける事はないが拱橋の如く支承の構造が主桁(構)の伸縮を阻む場合には温度の昇降によつて構造物が多大の應力を受けるのである。

温度の變化に對する規定は鐵道橋に於ては鋼鐵道橋設計示方書第十條、公道橋に於ては鋼道路橋設計示方書案第二十條にある, 而して是等の規定に於て謂ふ温度變化の量は氣温ではなく橋桁自身の温度である, 又温度の

昇降が各 30°C (普通 $\pm 30^{\circ}\text{C}$ と稱す) と謂ふは一年の平均温度の時期に架設せられる橋梁は 30°C の上昇と 30°C の下降とを受けるものである事を意味して居るのである、故に酷暑の候に架設する橋梁は温度上昇に因る應力を考慮する必要がない代りに温度下降に對しては 60°C の温度變化を考慮せなければならない、然し實際に於ては設計の當初豫め架設の時期を定める事は困難であるから温度變化による應力計算には $\pm 30^{\circ}\text{C}$ の標準數字を採る事も亦證むを得ないのである、然し尠くとも現場を掌る者は此の意味をよく了解し主桁製作及支承据付の時期を對稱して考慮する必要はある。

又公道橋の繫拱及ランガー桁に於て床部の下に位する部分と日光の直射を受ける部分との間に温度の差を生じ之が爲に特別の熱應力を受ける様な場合には第二十條第二項の規定により其の温度の差を 15°C とするのである。

§ 19. 其他の荷重 Miscellaneous loads.

以上は橋梁設計に關する一般の荷重を列記したのである、其の他特殊構造をなす橋梁に於ては扭歪應力 Torsional stress 或は特殊組立に際して生ずる組立應力 Erection stress 等を受ける事がある、又水流も橋梁の一部分設計に於て考へられる應力の原因となるものである。

雪も亦荷重の一種であつて特殊なる地方に於ては考慮する必要がある、新鮮なる雪の重量は 150 疋 / 立方米、數日を経た密度の大なるものは約其の 3 倍、水と飽和状態にあるものは約其の 5 倍である、雪荷重 Snow load としての多くの實例は 300~400 疋 / 立方米、とされて居る。

鋼道路橋設計示方書案第十六條に雪荷重に關する規定はあるけれども通常最大積雪と最大活荷重とを同時に受ける様な事は無い、殊に本示方書案に依つて設計せられる場合第十條の等分布荷重の最小は 310 疋 / 平方米な

るを以て恐らく雪荷重は考慮する必要はないであらう、唯非常に長い橋梁に於て活荷重を輕減した場合或は極く邊僻の地方に於て活荷重の小さい場合又は水路橋の如き活荷重を受けない橋梁に於ては一應雪荷重を計算する必要はある、又其の場合の雪荷重は其の地方の事情に應じて適當に定むべきである。

公道橋に於ける高欄は自重以外に群集の推力をも考慮せられ其の推力に對しては鋼道路橋設計示方書案第十九條に規定せられて居る (附録参照)。

第 4 節 許容應力 Allowable stresses.

許容應力は作用應力 Working stress と稱せられ破壊應力 Breaking stress を安全率で除したものである。

§ 20. 鋼材の許容應力 Allowable stresses for steel.

建築用鋼の許容應力は公道橋及鐵道橋に對して鋼道路橋設計示方書案第三十條乃至第三十二條及鋼鐵道橋設計示方書第十一條に規定せられて居る (附録参照)。

尙鋼道路橋設計示方書案第三十五條より第三十九條迄及鋼鐵道橋設計示方書第十四條より第十七條に於て合成應力 Combined stress を受ける部材に對する許容應力を規定して居る、乃ち第三十六條 (公道橋) 及第十四條 (鐵道橋) の規定により死荷重應力と活荷重應力との性質が相反する部材 (例へば結構の對材 Counter の如き部材) の死荷重應力は其の 70% を有効と見做されるのである、又ワーレントラス Warren truss の腹材の如く活荷重の載荷狀況により或る場合には張力を受け他の場合には壓力を受ける部材を交番應力 Alternate stress を受ける部材と稱するのである、斯る應力を受ける場合は一方的の應力のみを受ける場合に比して其の許容應力は遙かに低下するものである、故に之に對應せんが爲鐵道橋に於ては第十

五條により其の兩應力の内小なる應力の 50% を各應力に加算し各應力によつて所要斷面積を算出し其の大なる方に依つて斷面を決定するのである、公道橋に於ては第三十七條により特殊の橋梁以外は應力の増加を見込まないで單に第三十五條に従ひ兩應力によつて所要斷面を算出し其の大なる方を使用する事にして居る、且斷面は兩様の應力に耐え得る様な構造を撰ぶ事は勿論である、又第十六條（鐵道橋）は軸應力 Axial stress（直應力とも稱す）と彎曲應力 Bending stress とを同時に受ける場合に適用する規定である。

第三十八條（公道橋）及第十七條（鐵道橋）に於ては死活荷重、衝擊及溫度の變化による應力に更に他の荷重による應力を加算した場合の合成許容應力を規定して居る。

第三十九條（公道橋）は地震の計算を行ふた時の許容應力である。

§ 21. 混凝土の許容應力 Allowable stresses for concrete.

調合 1:2:4 の混凝土に對する公道橋の許容應力は鋼道路橋設計示方書案第三十三條に於て規定せられて居る、鐵道橋に於ては未だ米突法に依る規定は發布せられて居ない、呎封度單位のものは大正三年（第六八四號）に發表されて居る。

尙最近土木學會に於て鐵筋混凝土標準示方書が發表されて居る、之は鐵筋混凝土構造物の設計及施工に關する一般の標準を示したものである、故に鐵筋混凝土橋の設計及施工に於ても該示方書を準用すべきである（土木學會誌第十七卷第十號参照）。

§ 22. 木材の許容應力 Allowable stresses for timbers.

木材の許容應力は木材の種類、産地及材質等に依つて大に異り一定する事は困難であつて未だ確固たる規定がない、第 3 節に規定せられた荷重に依り設計せられる場合には其の許容應力は大略第 5 表に示された値を採用

して差支へなからう。

第 5 表 木材の許容應力表

材 種	f (kg/cm ²)	f_t (kg/cm ²)	f_c (kg/cm ²)	f_s (kg/cm ²)	f_b (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
杉	80	80	60	8	80	85,000
米 松	90	90	70	10	90	100,000
松	105	105	85	10	105	100,000
檜	110	110	100	11	110	105,000
檜	120	120	100	12	120	105,000
栗	130	130	115	13	130	110,000
樺	140	140	120	15	140	115,000

f = 許容抗曲應力 Allowable bending stress.

(許容纖維應力 Allowable fibre stress.)

f_t = 許容抗張應力 Allowable tensile stress.

f_c = 許容抗壓應力 Allowable compressive stress.

f_s = 許容抗剪應力 Allowable shearing stress.

f_b = 許容抗支應力 Allowable bearing stress.

E = 彈性係數 Modulus of elasticity.

尙上記の値は木材の纖維 Fibre の方向の強度であつて之と直角の方向の各許容應力は表記の値に次の係数を乘じて求める事が出来る。

f , f_t 及 f_b に對して	0.16
f_c "	0.25
f_s "	5.00