

第一編

荷重

第一章 鋼の荷重

1. 鐵道橋の自重

鋼橋の自重は大體車道の重さに構桁の自重を加へたものである。鐵道橋に於て軌道は軌條、枕木及それ等を支持するもの、連續した砂利道床を有する橋梁では軌條、枕木、砂利床及びこれらの支持物から成立する。この支持物はバックプレート (Buckelplatte), Hängeblech, Relageisen, 鐵筋コンクリート床版等から成立してゐる。構桁自身の鋼重も二分するを便宜とする即ち對傾構及水平綾構を含む縦桁及横桁の鋼重並に高欄を含む歩道の支持物の重量を加へた床組の重量と對傾構及横構を含めて一體とした主桁の鋼重とに分れる。

車道の構造的形狀が確定すれば、その重量はどの場合でも大した努力なしに直接決定され、且床組の各部分に働く荷重の分布も決定される。それ故に教科書とかハンドブックに與へられてゐる平均値を以て車道の重量を求めんとするのは適切ではないのである。狀況が種々様々なる故にこの色々異なる形狀を表によつて計算せんとするのは殆ど不可能と思はれる。普通の横枕木軌道を有する鐵道橋の際には軌條縦断面、枕木の断面及長さ、その間隔、橋床の厚さと種類、ガードレールの有無は車道の重量に影響する所甚だ大である。それ故に車道重量を充分正確に計算する際は直接それを計算し、概算のためには第1表に示す車道重量を用ふことをお薦めする。

床組の重量を定める際にも全く同様な事が云へる。枕木が乗つた桁及横桁の断面を順次求めるに従つて計算の基礎となる重量が次々とわかる、そして最初の計算の時にはそれらの桁に關しては重量は餘り影響しないから、その見積の誤差は全然重要でない。

鐵道橋の車道重量の計算は次の要領にまとめる事が出来る。

標準軌間の鐵道に於ける取付器具を含む軌道重量

最重活荷重 (10t 輪荷重)	0.125 t/m
重活荷重 (8t 輪荷重)	0.100 t/m
輕活荷重 (6t 乃至 7t 輪荷重)	0.070 乃至 0.080 t/m
狹軌鐵道 (0.75 m 至乃 1 m 軌間)	0.045 乃至 0.060 t/m

枕木及支持木材の比重 1 t/m³

支持木材は通常 5 cm の厚さがある

連續道床に於ける砂利の比重 1.9 t/m³ 1)

バックプレートの厚さ 1 mm 毎の重量 0.008 t/m²

他の床組の重量も同様の靜力學的計算を行へば必要な數が直接得られる。

主桁の重量を確定せんとする場合は、最初の靜力學的計算を既に出來た橋梁の諸記録を基として行ふのがよい。最後決定の靜力學表示に對しては、普通既になされた設計の充分な重量を基にして綾構を含む主桁の重量を求め、少くも小又は中位の徑間の橋梁では餘り重要でない必然的に生ずる靜力的計算の修正を行ふ。

Dirksen²⁾ はプロシヤの市街鐵道に於ける數多の設計を基にして次に掲げる第1表を作成してゐる。之は 80 m 迄で重荷重の標準軌間單線鐵道橋の色々な實施形に對して最初の死荷重見積に良品根據を與へる。こゝに掲げてある重量値を利用する時は次の事に注意すべきである。

重量公式は全く普通の關係に基いてゐるもので、即ち a) 橋臺は橋軸に直角である事。b) 構造物の高さには制限なき事、即ち鉸桁の高さは支間の 1/10、結構橋では 1/8 とす。c) 橋は直線的である事。d) 荷重は列車荷重 A で 1903 年 5 月 1 日の規定によつて計算する事、この規定によらざるものは相當の重さを増さねばならぬ。即ち、

鉸桁の高さ 1/10 を 1/14 にする時は、主桁の重量を 20% 増す事。その中間の値は直線的補間法による。

結構橋の高さ 1/8 を 1/12 にする時は、主桁の重量を 15% 増す事。その中間の値は直線的補間法による。

非常に制限された高さでは床組の重さを 25% 増す事。

斜橋では床組の重さを 15% 増す事。

支間 40 m 以下で軌條曲率半徑 $R < 300$ m の時は全重量を約 12% 迄増す。

ドイツ國有鐵道規定³⁾ 荷重列車 N, E 及 G に基いて設計した橋には第1表の重量表を次の値だけ増減せねばならぬ。

荷重列車 N に對し

床組の重量 :	25% 増加
主桁の重量 :	L=40 m 迄 35% 増加
	L=40 m 乃至 80 m 30% "
	L > 80 m 25% "

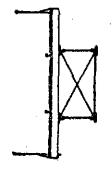
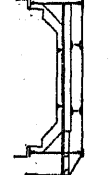
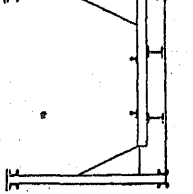
荷重列車 E に對し

L=40 m 迄 5% 増加

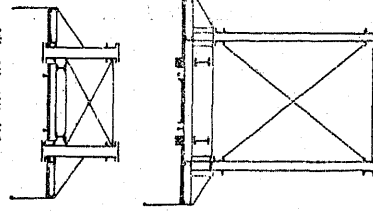
1) ドイツ國有鐵道規定では 2.0 t/m³ をとつてゐる。
 2) Dirksen, F. : Hilfswerte für das Entwerfen und die Berechnung von Brücken mit eisernem Überbau, Berlin 1913.
 3) Deutsche Reichsbahn, Vorschriften für Eisenbauwerke. Grundlagen für das Entwerfen und Berechnen eiserner Eisenbahnbrücken. Vorläufige, Fassung. Berlin 1922.

第 1 表 プロシヤ國有鐵道單線鐵道橋自重

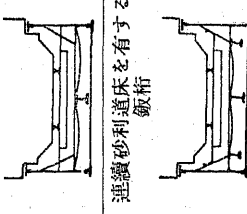
1903 年 5 月 1 日の計算規定に基き作成

橋梁の構造種類	支間 m	主 間 m	桁 隔 m	橋長 1 m に對する 自重			運輸軌條(重量 150kg/m) を除いた車道(軌條, 枕 木及板張)又は(軌條, 枕木及道床) kg/m	車道を含む橋梁の全 自重 kg m	L / 桁
				對傾構, 橫構及 支承を含む主桁 L=支間 m	床 構	對傾構, 橫構, 支 承及床構を含 む主桁			
1. 床道のない車道 直接比水をうける鉸桁 	10 乃至 25	1,8		240+54 L		240+54 L	640	880+54 L	1/10
		2,0		240+54 L		240+54 L	775	1015+54 L	
側歩道を有する下路鉸桁 	10 乃至 25	3,0 3,3 3,7		270+44 L 270+44 L 270+44 L	380 430 520	650+44 L 700+44 L 790+44 L	595 630 660	1245+44 L 1330+44 L 1450+44 L	1/10
		4,8 4,9 5,0		540+27 L 540+27 L 540+27 L	600 625 670	1140+27 L 1165+27 L 1210+27 L	680 680 680	1820+27 L 1845+27 L 1890+27 L	1/8
特殊の歩道を有しない 下路結構橋 	20 乃至 40	4,8 4,9 5,0		680+27 L 680+27 L 680+27 L	600 625 670	1280+27 L 1305+27 L 1350+27 L	680 680 680	1960+27 L 1985+27 L 2030+27 L	1/8
	40 乃至 80	5,0		680+27 L	670	1350+27 L	680	2030+27 L	

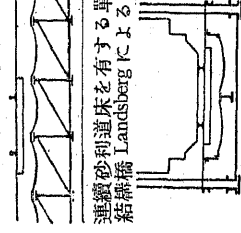
上路結構橋



2. 道床のある車道
連續砂利道床を有する鉸桁



主桁上に連續砂利道床
を有する鉸桁



橋梁の構造種類	支間 m	主 間 m	桁 隔 m	橋長 1 m に對する 自重			運輸軌條(重量 150kg/m) を除いた車道(軌條, 枕 木及板張)又は(軌條, 枕木及道床) kg/m	車道を含む橋梁の全 自重 kg m	L / 桁
				對傾構, 橫構及 支承を含む主桁 L=支間 m	床 構	對傾構, 橫構, 支 承及床構を含 む主桁			
上路結構橋		2,5		540+27 L	490	1030+27 L	550	1580+27 L	1/8
		3,5		540+27 L	580	1120+27 L	550	1670+27 L	
2. 道床のある車道 連續砂利道床を有する鉸桁	10 乃至 25	3,3 3,7		270+49 L 270+49 L	670 840	940+49 L 1110+49 L	2840 3260	3780+49 L 4370+49 L	1/10
		3,3 3,7		270+49 L 270+49 L	770 940	1040+49 L 1210+49 L	2680 2820	3720+49 L 4030+49 L	
主桁上に連續砂利道床 を有する鉸桁	10 乃至 25	4,7 乃至 5,0		橋梁 1 m ² の自重 160+24 L			橋梁 1 m ² の自重 920	橋梁 1 m ² の自重 1080+24 L	1/8
	20 乃至 80			80+62 L ²⁾ 30+57 L ³⁾	810 780	840+62 L 810+62 L	2740 1720	3580+62 L 2530+57 L	

1) Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, Teil II. Bd. III.

2) Kleinste Bettungsstärke 36 cm.

3) Kleinste Bettungsstärke 23 cm.

L > 40 m 10% 増加

荷重列車 G に對し

10% の減少

Dirksen の説は結構橋の主構系に關して區別を設けなかつたが、これは支間 80 m 迄はかなり正しい事で、異つた主桁系の重量に差をつける事は静力學計算上に著しい影響を與へる程決して重大ではないからである。

オーストリア國有鐵道新設計を徹底的に調べ、それを基礎として Jaußner¹⁾ は次の第 2 表を作成した。残念な事に Jaußner は床組と主桁を分たず鐵部の總額を與へてゐるのみである。結構橋の場合は平行弦と半拋物線弦とに區別してある。第 2 表には尙種々の支間に對する支承の重量も含まれてゐる。規定によらない際は第 2 表の追加に注意すべきである。

複線の下路鐵道橋で主桁間隔 8.5 m、木の枕木上に軌條があり、主桁は單桁である様なものには Schaper²⁾ は次式を與へてゐる。

支間 20 m 乃至 40 m G_e = 1500 + 65 L kg/m

// 40 m // 100 m G_e = 1500 + 74 L //

L は支間を m で、G_e は 橋長 1 m 當りの人道のない構桁の全重量を示す。歩道に對してはその 1 m 幅毎に G_e を 100 kg/m を増す。車道の重さ即ち軌條、枕木、板張などは橋長 1 m 當り 1360 kg/m である。

地方鐵道橋の重量に就ては Landsberg³⁾ は次の要項を與へてゐる。

a) 木の枕木の軌道を有する標準軌間の地方鐵道で、その上に主鐵道の機關車は乗れない鐵道。10 m 乃至 50 m の支間に對して

上路橋 g = 292 + 31 L kg/m

下路橋 g = 462 + 32 L kg/m

β) 木の枕木の軌道を有する 1 m 軌間の狹軌地方鐵道

上路橋 g = 305 + 26 L kg/m

下路橋 g = 425 + 27 L kg/m

g は 1 m 當りの橋の重量である。75 cm の狹軌鐵道に對しては β) に與へた重量を尙 20% 減すればよい。

長支間の主桁重量：理論的公式。長支間の主桁の場合は、且つ列車荷重が規定よりも著しく違つてゐる場合は上に掲げた實驗式は當はまらぬ。かゝる場合には主桁重量を求める最初の要點を得るためには次の方法をお勧めする。即ち床版の重さを確定し、床組の静力學計算を行つて床組及之に附屬する綾構の重量を求める。さて各支間に於て選んだ構桁を桁橋として普通好

1) Jaußner, Rudolf : Anordnung und Materialaufwand für den eisernen Überbau von Eisenbahnbrücken. Zeitschr. d. österr. Ing.- und Arch.-Ver. 1908, S. 137.
2) „Eiserne Brücken.“ 3. Aufl. Berlin, 1914.
3) Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, Teil II, Bd. III.

都合な高さの割合 (h/l = 1/9) の平行主桁に置換へて考へる。これら平行桁の腹材は横桁の間隔によつて生ずる格間長——必要であれば中間系をおく事によつて——を保つ様に形作るのである。約言すれば置換へた主桁は與へられた徑間に一の平行桁を架設する様な問題が出来るだけ都合の良い解を得る様に主桁が整頓されるのである。さてこれらの置換主桁には實際の活荷重を考慮し、重量に關する次の理論式によつて計算をなし、次に選んだ主桁系の種類によつて適當な加減をしてこの値を修正する。綾構及横構の重さも同時に相當したゞけ増す事に注意せねばならない。

かゝる置換主桁の重量は以下の如く理論的方法で求められる。記號としては、

S は自重及衝擊を含む活荷重による最大部材應力を t にて表はすもの、但し風及其他副作用は無視する、

s は部材の長さ(m)、

σ_{zul} は風及其他の副作用を無視せる時の全部材に對して等しき許容應力 (t/cm²)

γ = 7.85 t/m³ は鐵の比重、

a は實驗係數、

とすれば主桁の重量 (t) は式

G = a ∑ (Ssγ / 10 000σ_{zul})

で表はされる。この總和は平行主桁の應力をうける部材全部に行ふべきである。

係數 a は抗張材の銚除控及抗壓材のバックリングに對する安全のための材料の浪費並に添材、緊釘、綾構、取付具及銚頭等に對する材料の浪費を表はしてゐる。比較計算に基いて平行桁に對する係數 a は平均 1.70 となつてゐる。¹⁾ この a の値を用ひ γ に 7.85 を代入すれば

G = 1/750 ∑ (Ss / σ_{zul}) (1)

となる。更に

g_n を橋長 1 m 當りの主桁の重量

g_t を橋長 1 m 當り一つの主桁にかゝる床及床組の重量

S₀ を 1 t/m の主桁の全荷重による部材應力

S_v を主桁に於ける活荷重による最大部材應力

とすれば

S = S₀(g_n + g_t) + S_v

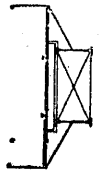
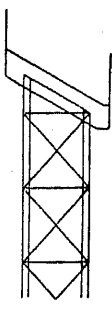
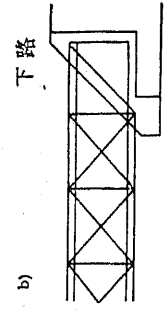
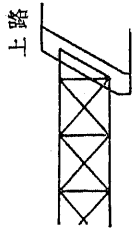
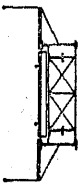
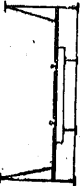
この値を (1) に代入し G = g_nL とおけば (但し L は支間とす)

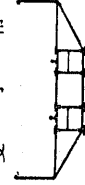
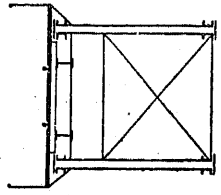
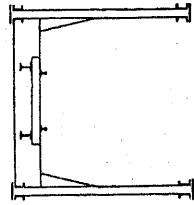
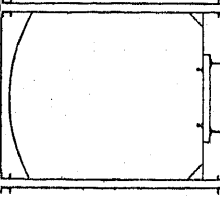
g_nL = 1/750 ∑ (s / σ_{zul}) [S(g + g_t) + S_v]

1) Schaper : Die Bauziffer eiserner Brücken. Zentralbl. Bauv. 1909, S. 123. この係數は完成の際は經濟的に大變高い様に思はれる。

第2表 オーストリアや聯邦鐵道單線鐵道橋の自重

1904年8月28日の橋梁規定に基く

橋梁の構造種類	L/l	支間 m	主桁間隔 m	全構桁の1m當りの kgにて表せる自重,高 欄及支承を除く L =支間 m	上部構造の支承荷重 (鐵鐵及鐵鋼) kg	特殊施工の際の全構 桁自重の増加
直接枕木を支へる鋼桁 	$\frac{1}{10}$	5 乃至 20	1,80 乃至 1,90	350+43L	L=3-7 m=300 7-10 m=400 10-13 m=450 13-17 m=800 17-20 m=1000	A. a) の又は c) 圖の如 き斜橋の場合 下路  上路  c) 
上路鋼桁 	$\frac{1}{10}$	7 乃至 20	2,60 乃至 2,70	540+45L	各種鋼桁等と同じ	
下路鋼桁 	$\frac{1}{10}$	10 乃至 20	4,55 乃至 4,60	740+49L		

橋梁の構造種類	L/l	支間 m	主桁間隔 m	全構桁の1m當りの kgにて表せる自重,高 欄及支承を除く L =支間 m	上部構造の支承荷重 (鐵鐵及鐵鋼) kg	特殊施工の際の全構 桁自重の増加	標準重量の百分率 にて表せる増加		
							支間 m	圖による順序 a) b) c)	軌道半徑 m 150 250 300 400 600 1000
雙子桁 	$\frac{1}{20}$	3 乃至 6	1,52	460+70L	450		7	12	7.
上路結構橋 	$\frac{1}{9}$	20 乃至 100	2,70 乃至	直 弦 桁 300+58L	L=20-25 m=1800		6	8,5	4
		45 乃至 100	5,00	半拋物線桁 500+44L	25-30 m=2300		4	5,5	3
下路結構橋 a) ポニー橋  b) 圓形橋 	$\frac{1}{9}$	20 乃至 45	4,70	直 弦 桁 680+52L	30-40 m=3500		3	4,5	2
		45 乃至 100	5,00	半拋物線桁 680+40L	40-50 m=4600		2	6	1,5

故に

$$g_h = \frac{\sum \frac{s}{\sigma_{zul}} (S_0 g_f + g_v)}{750L - \sum \frac{S_0 s}{\sigma_{zul}}} \dots \dots \dots (2)$$

即ち主桁 1m 當りの重量 t/m である。等式の右邊は既知の大きさばかりである。

部材應力 S_0 及 S_v は直弦構に於ては、早く且容易に定められるし、殊に橋梁規定中にある 2 支点上の桁の力率及剪力の表を用ふれば尙容易に得られる。これは又理論的の重量を求めるために主構系の代りに一つの直弦構を用ひた理由である。直弦構に對して g_h を求めると次の修正をして正しい主構重量が得られる。

1. 半拋物線構. $h/L=1/7$ の半拋物線構では $h/L=1/9$ の直弦構より約 10% 軽い。
2. 繫結構拱. 約 $L=80$ m 迄の短支間の繫結構拱は直弦構よりも 10% 迄重い。80 m 乃至 120 m 支間のものにあつては直弦構位の重さがある。それ以上の支間にあつては半拋物線構と同様で、いづれの場合も拱は充分高いものとする。
3. 補剛結構桁. 2 と同様である。
4. 二鉸結構拱.¹⁾ 繫拱と同様な構造關係を有する際は繫材の重量だけ繫拱より減じたものである。繫材は普通の近似公式によつて水平推力 H を t にて求め係數 $\alpha=1.25$ (Schaper) を以て繫材の重量 t/m を次式にて得る。

$$g_s = \alpha \frac{H \cdot r}{10\,000 \sigma_{zul}} \dots \dots \dots (3)$$

5. 突桁及連續桁. 2 徑間では直弦構より 10%, 3 徑間では 15% 各減ずる。但しここに桁高は力率の大きさに相應してゐるものと假定する。²⁾

横構及對傾構 横構及對傾構の重量は二つの横構が問題となる大橋梁にあつては主構重量の 11% とみる事が出来る (Schaper)。

2. 道路橋の自重

1. に於て鐵道橋の床及床組の自重決定に就て述べた事は道路橋の場合には尙一層大きな價値を持つてゐる。それは床版の組立により、活荷重の種類及び大きさにより、更に道路橋の構造組織に於ける車道及歩道幅員の種々雑多な事による相違が、鐵道橋よりは遙かに大きいからである。そこで床の構造を確立してその重量及分布を直接定め、そして要領で床組の部分を見積りする事が望ましい。その見積りがわかれば、大した努力なしに主構の靜力學計算に對する床組の重量が定められる。

床の重さの計算には次の自重が問題となつて来る。

1) Trauer: Beitrag zur Berechnung der Bogenbrücken. Günstigster Gurtabstand und Gewichte eiserner Zweigelenkbogen. Eisenbau, 1910, S. 255. 參照

2) これに就ては Kurt Beyer の價値ある著書: Eigengewichte, günstige Grundmaße und geschichtliche Entwicklung des Auslegeträgers, Leipzig 1908 はその多くの表によつて支間と桁の高さとの比の適當な値に對して特記すべき立脚點を與へてゐる。

硬木、濕つた: なら, ぶな 1,0 t/m ³	砂利コンクリート 2,2 t/m ³
軟木、濕つた: まつ, からまつ 0,9 "	煉瓦コンクリート 1,8 "
荒碎石 2,0 "	輕石コンクリート 1,6 "
砂 1,6 "	鐵筋コンクリート 2,4 "
鋪石 (花崗石) 目地も含む 2,8 "	バックルプレート, Tonnenblech, Flachblech 1 mm の厚さ毎に 0,008 t/m ²
塊狀クリンカー 1,9 "	Belageisen 縦断面に於て 0,035 乃至 0,070 "
縁石 (花崗石) 3,0 "	高欄, 輕量で簡單なもの 35 kg/m
木塊鋪裝, 砂目地 1,1 "	" 中量のもの 70 "
ロックアスファルト 1,8 "	" 重く複雑なもの 120 "
壓延アスファルト 1,7 "	

概算に對してはここに尙 Bertschinger の重量公式が導かれてゐる。

床組の重量 (鐵又は板張りの床版を含む)

輕い床	$g=70+14b$ kg/m ²
中位の床	$g=100+14b$ "
重い床	$g=120+16b$ "

b は主桁の間隔を m で表はせるもの。主桁 2 以上ある際には b は隣接桁の距離を示す。

鐵又は板張りの床版を含む主桁の外の歩道床組の重量

$$g=30+30b' \text{ kg/m}^2$$

b' は歩道幅員を m で表はしたものである。

橋梁自重決定の際には市街橋によくある水道鐵管や瓦斯管による荷重及ケーブルによる荷重も忘れてはならぬ。

主桁の重量 既に上述した Bertschinger¹⁾ は又他の非常に詳細な論文で道路橋の自重の問題を論じ、最近 30 年間に架設された 117 のドイツ道路橋の比較研究に基いて橋梁の重量に對する公式を定めた。そして一讀の價値ある研究としては定めた重量公式の根本の實驗材料に就て詳細に表示して論じてゐる事である。117 橋の各々に就ては架設年號, 支間, 主桁系の高さ及支間の比, 桁軸間の距離, 床の組立及車道の状態, 歩道組立, 主桁の橋面 g^2 當りの重さ, 對傾構及横構, 床, 歩道, 支承, 高欄, 最後に活荷重及應力に就て述べてゐる。

Bertschinger は彼の公式を定める際に他の著者の様に市街橋と地方橋に區別しなかつた。何となれば新しい設計では最も重い自動車, 蒸汽道路轉壓機, 蒸汽機車機關車及群衆はこの二つの種類で共通としてゐるからである。全く同様に鋪裝の色々な種類即ち, コンクリート上の砂利敷, 小鋪石, 木塊鋪裝の間に差別をつけなかつた。そしてたゞ重い床版の橋と板張りの非常に輕い橋を相對して區別したのみであつた。公式は橋梁の平方米で表はされた平面 (高欄地覆の間を計つた) に對して重量を與へ、支間の一次又は二次函數として表はしたものである。拱桁の際

1) Bertschinger, R.O.: Breitenbemessung, Verkehrslasten und Eisengewichte der Straßenbrücken. Verkehrstechn., Woche 1912.

は主桁の拱矢もその式中に表はれて来る。

Bertschinger による橋梁平面 1m² 當りの主桁重量。 (L は支間 m)

1. 板張りを有する結構橋 $g = 25 + 2L + 0,008 L^2 \text{ kg/m}^2$
2. 重い床版を有する橋梁
 - a) 歩道なき鈹桁橋 $g = 60 + 5L \text{ kg/m}^2$
 - b) 歩道ある鈹桁橋 $g = 20 + 5L \text{ //}$
 - c) 主桁の内側に歩道を有する結構橋
 - a) 直 弦 ($L = 15$ 乃至 40 m) $g = 50 + 3,7 L \text{ kg/m}^2$
 - β) 曲 弦 ($L = 15$ 乃至 40 m) $g = 30 + 3,7 L \text{ kg/m}^2$
 - γ) " ($L = 40$ 乃至 60 m) (上部横構を有す) $g = 60 + 3,7 L \text{ kg/m}^2$
 - d) 主桁の外側に歩道を有する構
 - a) 直 弦 (上部横構なし) ($L = 15$ 乃至 40 m) $g = 40 + 2,8 L \text{ kg/m}^2$
 - β) 曲 弦 (") ($L = 15$ 乃至 40 m) $g = 20 + 2,8 L \text{ kg/m}^2$
 - γ) 上部横構のある結構桁 ($L = 40$ 乃至 200 m) $g = 50 + 2L + 0,01 L \text{ kg/m}^2$
 - δ) 補剛桁(長桁)を有する拱 ($L = 30$ 乃至 60 m) $g = 40 + 2,8 L \text{ kg/m}^2$
 - e) 繫拱 ($L = 30$ 乃至 200 m) $g = 100 + 2L + 0,01 L^2 \text{ kg/m}^2$
 - e) 繫材なき拱(拱矢 f) $g = \frac{L}{f} (15 + 0,002 L^2) \text{ kg/m}^2$

上の重量公式中もし横構のある時はこの重量をも含めてある。横構及綫構のみの重量に對しては次式を與へてゐる。

$$g_w = 15(1 + 0,1 L) \text{ kg/m}^2$$

主桁の重量に關係のある道路橋の構造は多種多様で、變數 L や b を持つた僅かの公式では表はせないから、上の實驗はそれを定める時注意したにも拘はらず、限られた價值しかない事は詳しく述べるを要しない。特に大支間の橋梁ではそうであるが、正確な靜力學計算は、正確な重量計算による自重評價、少くとも 1 (12 頁) に與へてある理論的公式を使用する事によるのは必要缺くべからざる事である。¹⁾

1) Hauffe, W.: Gewichte und günstigste Abmessungen der durch Parallelträger versteiften Kabelbrücken, Dresden 1910, Akad. Buchhandlung, A. Dressel.
 Melan, J.: Fachwerkträger mit weiter Ausfachung, Eisenbau 1911
 尚 12 頁の脚註にある文献参照。