

第二章 活荷重

3. 鐵道橋の活荷重

鐵道の發達は經濟的根據から常により重い機關車を用ひ、車輪の軸荷重を常に高め様とする傾向を示して來た。架設の際には經驗の缺乏から活荷重及列車速度の増加を顧り見なかつたから、この傾向は多くの古い橋梁を犠牲に供した。構造の壽命がつきた爲ではなく、支持力の不充分のため、適當な補強をなすも上部鋼構造の壽命を長引かせる事が出来なかつた鋼橋の架換を促がした。その架設當時の最悪の荷重列車を以て計算する事は充分でないとの認識を間もなく鐵道管理者が一般に認める様になつた。橋梁の靜力學計算の爲にこれらの管理者が規定した荷重列車は、軸荷重の未來の増加を考へに入れてはゐたが、時勢の進歩發達によつて追越された。この發達が如何に早かつたかと云ふ事は次の事實で解る。即ちプロシャ荷重列車 A (軸壓 17 t) の採用されて後 7 年、新橋梁の架設に際して少くとも單一の主線では重い荷重列車 B (軸壓 20 t) を計算の基礎とする必要が生じて來た。1922 年の新しいドイツ國有鐵道規定には既に軸壓 25 t を有する二つの重機關車のある列車荷重が出てゐる。この發達の尙止まない事は確で、電氣牽引列車の出現は機關車の軸壓を一層高めた。そこでスイスも最近初めて電氣牽引列車の通る線路の橋梁に對して次の様な 132 t の重機關車から成る荷重列車を定めた。

計算の荷重列車を確立する際に唯一箇の路線に往復する異つた機關車は、種々な軸壓の分布を示すから、鋼橋の一つの部分に小重量の機關車が重い全重量の機關車よりも大きな應力を與へる事が起り得る事を深く注意せねばならぬ。この事情は往々荷重列車を定める時に、單獨の輪荷重のみで決定される橋梁各部分に對して、輪荷重の値を高めて計算する方法に依つて斟酌されてゐる。

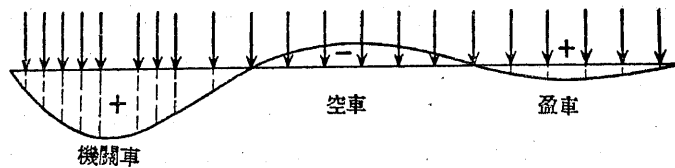
その制定の際に問題になつた運轉荷重列車よりも、悪い作用を有する單なる假想荷重列車を表はしてゐる計算荷重列車を、出来るだけ簡單にした事は勿論である。こゝに非常に良い例としてプロシャ州有鐵道の列車荷重 A をあげよう。それはたゞ二つの異つた軸壓 17 t 及 13 t を含んでおり、そしてその集中荷重の距離は 1.5 m 又はその數倍を示してゐる。計算のために斯様な集中荷重が、特に影響線の値を測る際に如何に利益があるかは明らかである。

鋼橋工事の最初數十年間は實際の荷重列車の代りに等分布荷重を以て鐵道橋を計算した。この方法の不利益は明瞭である。支間により變つてゐるこの代用荷重は剪力に對すると彎曲率に對すると違ふものとなり、その使用方法は一つの單桁にのみ用ひられた。他の主桁系に對する同じ代用荷重の使用は大きな誤謬を生じた。斷面決定に要する單桁彎曲率及剪力が表に集められると云ふ事實は主として各々の計算又は製圖の仕事を不必要とし、同時に影響線の進歩した使用は他の種類の桁の計算もそれにて出來、代用荷重を用ふる事を全く止さしめる位である。

それ故に多くの橋梁規定には、任意の支間及荷重の長さに対して、単桁の彎曲率及剪力を求め得る表を含んでゐる。他の桁系の研究に際しては影響線の使用は少くともドイツ及オーストリアに於ては全く一般の要求する所となつて來た。尙代用荷重をもつて計算する事は重量概算見積りの爲めの準備計算の際や撓度決定の際、又は多くの種類の桁の比較研究の時等に問題になつて來る。色々の橋梁規定にある力率及剪力を求めるための表の使用法に就てはここに觸れない。何故なれば規定にはこれに關しての説明があり、橋梁構造に就ての最も簡単な使用法は一般に廣く知られてゐるからである。

影響線を利用する時は尙次の事に注意すべきである。影響線が多くの正、負の部分から成つてゐるものとすれば、最も危険な作用を求める爲に通常一つの連結せる荷重列車の場合を考へねばならぬ。但し荷重をうけると全作用を減らす線路區間には不載荷の車輛をおかねばならぬ。第1圖。連続せる多くの列車は活荷重を考慮する場合除外する。橋梁上で列車を分離する事も非常に少いし、列車の分離が危険な荷重組群を作る事も少いから、この両者が共に起る場合は極く稀である。

萬一斯様な事が起つた時は非常に長い期間に繰返される時は——事情によつて判断すべき事が往々起るか弾性限界の下にあるならば——著しく大きな應力も許されて良い。¹⁾



第1圖

複線の橋梁に於ては一定の場所で同時に出會ふと云ふ可能率はそう多くはないけれども、方向反對の2荷重列車に対して最も危険な場所において計算されてゐる。列車の後進が問題になる(停車場の選車範圍)場合には、簡単な荷重列車をかけて各桁を計算すべきである。

この場合に屢見落す重要な状態に注意せねばならぬ。自重から起る張力 S_0 が或る橋梁部材に於て活荷重より起る壓力 $-S_0$ よりも大なる凡ての場合には、 $-S_0$ に乘數 $a > 1$ (普通 1.5) を計算に於て乗する、そして設計は合成應力 $S = S_0 - aS_0$ を基にして行ふ。この規定方法に對する基礎は容易に認められる。かゝる場合には過大に假定した自重で靜力學計算をなす際本當は壓力が入る所を張力と誤解する様な事はよく出て來る事である。

さて部材を張力を以て設計したとすれば、部材のバックリングは容易に起るのである。自重を嚴格に見積つても活荷重の作用の比較的僅かの増加、又は斯る偶然の事によつて——移動荷重の動力學的作用をのみ考へるを要す——想像せる張應力が壓應力に變化する事が豫期される

1) 此に説明せる立脚點と反對に鐵道管理者は多くの連續して走る荷重列車又は荷重列車内に機関車が最惡の排列をなす様に規定してゐる。例へば Bayern 及オーストリアの規定を見よ。又新しいドイツ國有鐵道規定では列車分離の起る事を假定してゐる。

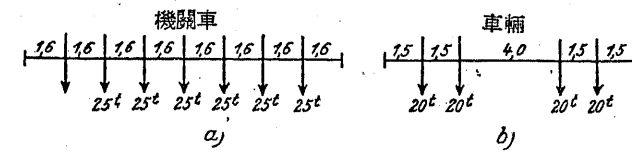
危険を伴ふのである。この事を熟慮すれば自然に自重と活荷重が反對の作用を有し、活荷重の影響がより危険であると見られる各場合への應用が発見されるであらう。例として連續桁の場合を述べよう。死荷重は凡ての支承點では正、即ち上方に向いた反力を生ずる。然しながら活荷重の或る排列ではある支承點で負の反力を生じ得る。亦計算により上向きの桁の反力の剩餘を生じた時は、尙念のために 1.5 倍の活荷重の際にも反力はその正の方向を保つかどうか、然らずんば問題の支承點の上る事に對する用意はどうかと云ふ事を吟味しなければならない。

次に鐵道管理者の荷重規定を抜萃してみよう。

a) ドイツ國有鐵道規定¹⁾

(1922年5月12日告示)

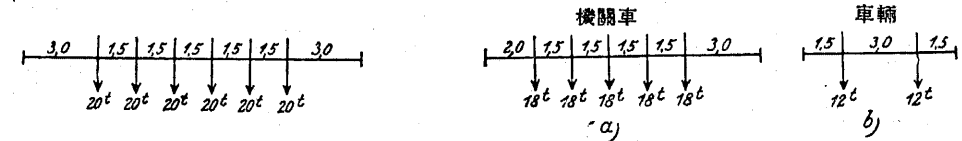
1. 荷重列車 標準軌間の鐵道橋に於ては一般に活荷重として第2圖乃至第4圖に示す荷重列車 N, E, 及 G が問題となる。各場合に對してどの荷重列車を用ふるかと云ふ事、及びどの線に對しては輕弱な荷重列車を通すかは特別の規定によつて定まつてゐる。



第2圖 ドイツ國有鐵道、列車荷重 N.

荷重列車 N. 第2圖 a) に示した軸距及軸荷重を有するテンダー機関車 2 臺及一方又は兩方に接續する第2圖 b) に示した軸距及軸荷重(8 t/m)を有する大貨車.

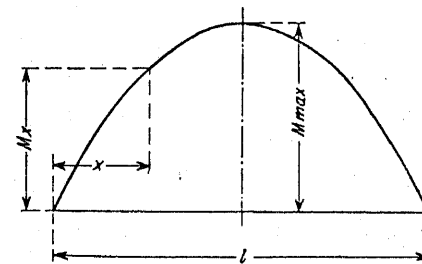
荷重列車 E. 第3圖に示した軸距及軸荷重を有するテンダー機関車 2 臺及一方又は兩方に接續する大貨車(第2圖 b)



第3圖 ドイツ國有鐵道、荷重列車 E.

第4圖 ドイツ國有鐵道、荷重列車 G.

荷重列車 G. 第4圖 a) に示した軸距及軸荷重を有するテンダー機関車 2 臺及一方又は兩方に接續する第4圖 b) に示した軸距及軸荷重(4 t/m)を有する大貨車 2 臺又はテンダー機関車 1 臺(第4圖 a) 及一方に接續する大貨車 2 臺(第2圖 b) 及之に接續する貨車(第4圖 b).



第5圖

2 支點上の單桁にて活荷重による最大彎曲率及剪力は規定に含まれてゐる表を以て計算出来る。

中間點の最大彎曲率の計算には拱矢を M_{max} とする拋物線の縱距が活荷重による最大彎曲率であると假定する事が出来る(第5圖)。この假定は衝擊係數の大ききの決定に於ける不確定の際にも正しい。

1) 5 頁の脚註 3 に示した文獻参照。

2. 歩道及プラットホームの荷重 単に鐵道用に供せる歩道の際は 400 kg/m^2 の活荷重を計算に採る。かゝる歩道と軌道が同時に荷重を受けないと假定する。この歩道の高欄は、高欄横木に直角な水平力 50 kg/m を以つて計算する。公衆の交通用歩道は 500 kg/m^2 の活荷重を採る。公衆歩道の高欄は 100 kg/m の高欄横木に直角な水平力で計算する。プラットホームは 1 t 手車荷重と $1 \times 2 \text{ m}$ の大きさの手車面積の外に 500 kg/m^2 の活荷重を採る。

彎曲率及剪力等が直接表によつて求められない桁、例へば不靜定桁の場合は影響線又は近似の方法を以て最惡の荷重排列を決定する。車輛又は列車を任意に短縮し又は列車の分離によつて起る最惡の荷重排列を注意せねばならぬ。

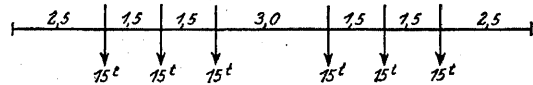
複線鐵道橋にてはこれら惡い値を與へる限り、兩軌道に同時に同方向に進む荷重を受けるものとする。

b) Sachsen 及 Württemberg に於ける支線及地方鐵道規定¹⁾

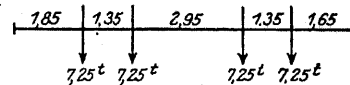
1. 廣軌間を有する Sachsen 支線に對する荷重列車 第 6 圖に示した一方に接續する貨車を有する最惡の排列に於るテンダー機關車 2 臺

2. 狹軌間を有する Sachsen 地方鐵道に對する荷重列車 凡て同一方向にある 4 軸の機關車から成る機關車列車 (第 7 圖)。1 軸荷重のみを考へる時は 10 t とす。

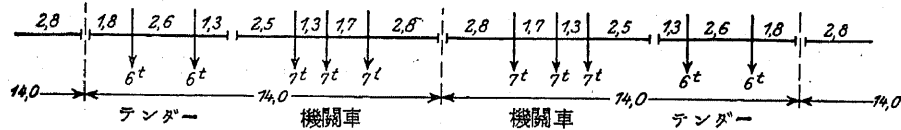
3. Württemberg の廣軌支線に對する荷重列車 全橋梁が機關車とテンダーが第 8 圖の様に次々と二つづつから成る列車によつて荷重される。



第 6 圖 廣軌間を有する Sachsen 支線



第 7 圖 狹軌間を有する Sachsen 支線

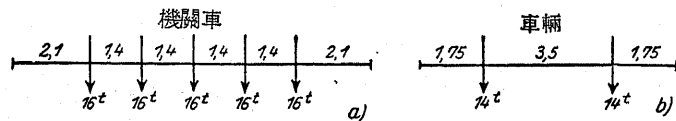


第 8 圖 Württemberg の廣軌支線

c) 1908 年 2 月 1 日の Bayern 州有鐵道規定

最大荷重の決定に必要な荷重列車を集めると：

1. 幹線に對して はテンダー機關車 3 臺 (第 9 圖 a) 及任意數の貨車 (第 9 圖 b)。



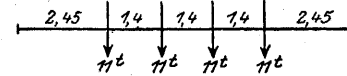
第 9 圖 Bayern 州有鐵道、幹線

1) Verordnung für die Lieferung von Eisenkonstruktionen zu Brücken und Hochbauten der Kgl. sächsischen Staatseisenbahnen vom Jahre 1895.

Eiserne Brücken der Kgl. württembergischen Eisenbahnverwaltung. Deutsche Bauztg. 1896, S.294.

2. 支線(廣軌) テンダー機關車 2 臺 (第 10 圖) 及任意數の貨車 (第 9 圖)。

機關車は荷重列車に於て任意に分布し又は 1 臺又は 2 臺で夫々車輛を持ち又は車輛を持たないで走る。



第 10 圖 Bayern 州有鐵道、廣軌、支線

連續せる上部構造を有する橋梁又は拱橋の際は荷重列車を分離して使用し得。

計算を行ふのに單に貨車を伴ひ又は伴はない機關車のみで充分である様な構造部分に對して、最大荷重の決定には、幹線の時は

各 20 t の機關車車軸 2 軸を、支線の時は 14 t の機關車車軸を計算に入れるべきである。

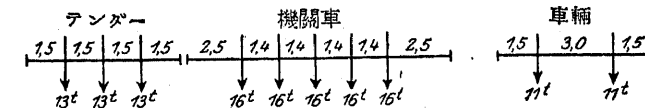
鐵道用歩道構造はその平面に 200 kg/m^2 の荷重を持ち、この荷重が列車荷重と同時に起らないとする。

Bayern の規定は桁の最大彎曲率及剪力を直接讀める表を含んでゐる。

d) オーストリア鐵道規定

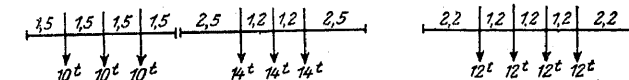
(1904 年 8 月 28 日制定)

1. 廣軌の幹線(荷重規格 I) テンダーを持つ機關車 2 臺及一方に接續する車輛(第 11 圖)。5 箇より少い機關車車軸の一つが最も危險な位置にあつて、 20 t 、其の他が 16 t の荷重を持つ時、第 11 圖による機關車よりも大きな作用を與へる限りこの荷重の場合を基礎とする。



第 11 圖 オーストリア荷重規格 I.

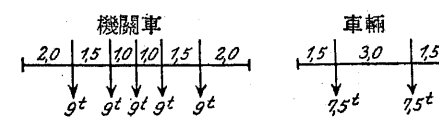
2. 廣軌の支線(荷重規格 II.) テンダーを持つ機關車 2 臺 (第 12 圖) 又は一方に荷重規定 I の貨車を接續したテンダー機關車 2 臺 (第 13 圖)。



第 12, 13 圖 オーストリア荷重規格 II.

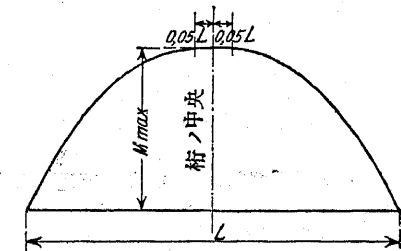
2 箇の機關車々軸の内一つが最も危險な場所に乗つて、 16 t 、他が 14 t の荷重を持つ時、又は單に 1 箇の車輛が 16 t の荷重を持つ時、機關車よりも大きな影響を與へる限りこれを最惡の荷重の場合と假定する。

3. 狹軌の地方鐵道(荷重規格 III.) テンダー機關車 2 臺と一方に接續する貨車 (第 14 圖)



第 14 圖 オーストリア荷重規格 III.

單桁を有する橋梁の計算に對して最大彎曲率及剪力は表に集められてゐる。最大彎曲率の線は二つの拋物線の部分を基線から M_{max} の距離にある直線で結ん



第 15 圖

だものから出来てゐる。直線の長さは $0,1L$ である(第15圖)。

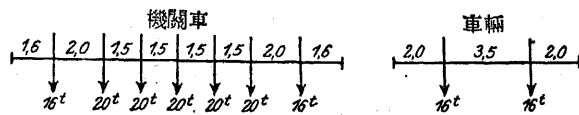
2支點以上の連続桁及拱桁に就ては最大の作用を求めるために、より多くの荷重列車を最悪の位置におく。鐵道用の歩道構造はその平面に 340 kg/m^2 の荷重を以て計算する。この荷重は荷重列車と同時に起らないと假定し、一般交通用歩道構造には列車荷重と同時に起ると考へその平面に 400 kg/m^2 を以て計算する。

e) スイス鐵道規定

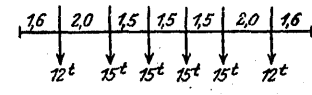
(1913年6月7日の聯邦會議の制定)

1. 幹線上の橋梁 幹線に對しては機關車2臺及無制限に一方に接續する車輛(第16圖)を假定し、その他場合により $1,5\text{ m}$ 離れた 22 t の2軸荷重を顧慮する。支間 15 m 迄の橋梁の際は、横桁及枕木を保持する桁も同様に活荷重は $2(15-L)\%$ (L は m で表はせる支間)だけ高める。

2. 標準軌間の支線上の橋梁 2機關車(第17圖)及一方に接續する車輛(1.と同じ)。



第16圖 スイス、幹線



第17圖 スイス、標準軌間の支線

この他場合により $1,5\text{ m}$ 離れた各 17 t の二つの軸荷重を顧慮する、支間 15 m 迄の橋梁は横桁及枕木を保持する桁も同様に1.の際と同じ追加を顧慮すべきである。

3. 機關車運轉をしてゐる狭軌鐵道上の橋梁 機關車2臺及一方に接續した車輛(第18圖)。

支間 15 m 迄の橋梁は横桁及枕木を保持する桁も同様に同じ追加を顧慮すべきである。

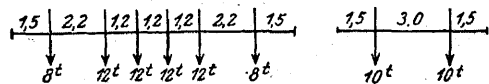
4. 電氣牽引をしてゐる幹線上の橋梁 幹線上の新鋼橋の靜力學計算は第19圖の無制限の機關車から成る荷重列車を基礎とする。尙支間 15 m 迄の橋梁並びに横桁及枕木を保持する桁はその活荷重を高めねばならぬ。即ち

移動活荷重 $2(15-L)\%$

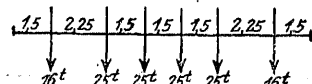
靜止活荷重 $1(15-L)\%$

L は支間を m で表はせるもの。

安定度計算に對しては $1,2\text{ t/m}$ の重さを有する空車の列車をとる。



第18圖 スイス、狭軌支線



第19圖 スイス、電氣牽引をする幹線

f) スエーデン鐵道規定

(1919年5月3日標準決定)

1. 最大輸送に對する標準軌間の鐵道 荷重列車 A テンダー-機關車2臺及一方に接續する最大車輛(第20圖)。

2. 最大輸送なき標準軌間の鐵道、荷重列車 B 及 C テンダー-機關車2臺及第21圖又は場合によつては

第22圖による一方に接續する車輛。

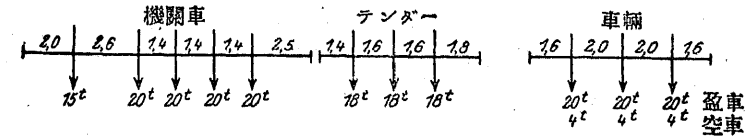
3. 狭軌の鐵道(軌間 $1,067\text{ m}$) 荷重列車 Bと同様。

4. 狭軌の鐵道(軌間 $0,891\text{ m}$) かゝる橋梁は荷重列車 Bを以て計算する、但し軸荷重を上に乗へた値の $0,8$ 又は $0,6$ に減ずる。

複線橋梁は兩軌道に同時に荷重がかゝる(荷重列車は最悪の場所にかゝる)ものとして計算する、兩列車荷重から影響を受ける橋梁部分は荷重を $(5+\frac{l}{10})\%$ だけ減ずる、こゝに l は理論的の荷重長 (m) である。

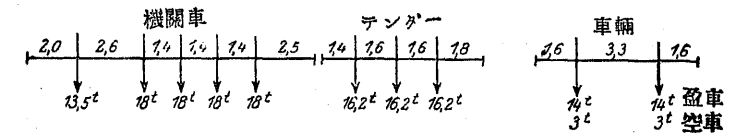
荷重列車は其都度そ

の橋梁部分に最悪に排列する、この場合列車の分離は行はず、尙空車又は空車が最悪の作用をなす様に按排する。

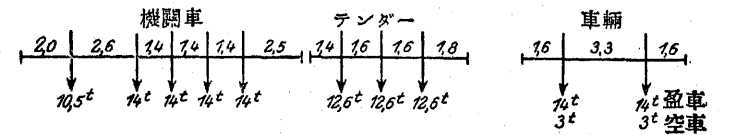


第20圖 スエーデン、荷重列車 A

2支點の桁の最大彎曲率線は二つの半拋物線を基線から M_{max} の距離にある長さ $1/3$ の直線で結んだものから成る。其の他は單桁に對する力率及剪力の詳細の表が規定に含まれてゐる。



第21圖 スエーデン、荷重列車 B



第22圖 スエーデン、荷重列車 C

4. 道路橋の活荷重

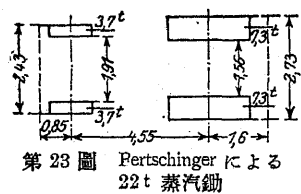
道路橋の活荷重は一般に鐵道橋よりも大變種類が多い。そして道路橋工事の範圍に於ては橋梁計算に統一ある荷重の基礎が何故に鐵道橋よりも遙に作られる事が少いかと云ふのもこの事情に基くのである。道路橋の活荷重は即ち自動車、貨物自動車、貨車、市街電車車輛、蒸汽道路輾壓機、蒸汽車及群衆である。これらを算へ立てる事はたゞ交通車輛の種類の多い事を示すのみで、尙且各の種類の中には軸壓、車輪の間隔、軌間等によつて數多の等級が問題となつて來る。尙全然軽い車を除外しても馬車の重量は 3 t から 20 t の間を、蒸汽道路輾壓機の重量は 14 t から 23 t の間を移動してゐる。それ故荷重規定を定める前に位置及交通に應じて橋梁の分類を行はねばならぬ事は明らかである。従つて大抵の道路管理者は計算の根本となる荷重の種類及大きさに應じて二三の橋梁の組に分けてゐる。

橋梁の荷重を確定する際は單獨の交通車輛(吾々はこれを特別活荷重と呼ぼう)、輾壓機、非常に重い貨車、蒸汽車等單に一つで連結して橋梁を通らない車輛は比較的大きな支間の桁例へ

ば主桁には極く僅しか影響を與へないが、比較的小さい支間の桁例へば床組の部材等は斯かる特殊の荷重によつて甚だ大きな應力が起る事に注意すべきである。又計算の根本となる群衆荷重を往々主桁及床の部分に與へる普通荷重と歩道の構造部分に問題となる特別荷重とに區別する。この標準の基礎は群衆荷重の重量の測定に就いて下に述べる説明によつて明かになるであらう。既にその名の如く特別荷重は稀にしか起らず單に或る橋梁部分の設計に決定的であるから、經濟的基礎からかゝる特別の荷重に對して高い應力數を許す事は適當な事であらう。經濟的構造の要求を達する他の方法はかゝる特別活荷重に橋梁架設に對して豫め定めた車線をあてがふ事である。これらは主に道路輾壓機及蒸汽車に對して起る事である。

貨車の軸壓の大きさは場所場所に順應し既に述べた様に廣い限界の間に變化するのである。それは就中普通の馬の蹴りと道路の状態によるのである。そこで馬車を貨車に代へんとする傾向は益々著しくなつて來たから、新しい橋梁の完成にはかゝる車輛に就て特に注意を爲すべきであらう。¹⁾

最も重い輾壓機は 23t であるが、新しく出来るものはそれよりも少く、約 19t を示してゐる。市街電車々輛の重量は變動が非常に大きいので、凡ての場合實際の軸壓を靜力學計算の根據としてゐる。Fowler の蒸汽車は Bertschinger によると最重 22t である。車輪の間隔及其他の方法を第 23 圖に示す。²⁾



群衆荷重は大抵の橋梁規定で 400 乃至 500 kg/m² を與へてゐる。この普通の荷重數に就ての概念を得るためにここに二三の實驗結果をあげよう。

アメリカの技師 I. J. Johnson.³⁾ は次の荷重の大きさを發表した。

盛な取引をもつ都市歩道上の群衆	390 kg/m ²
通行稍困難に雜鬧する群衆	490 "
個人が努力して辛じて通り得る場合	600 "
各人が満足に立てない程の密集せる間隙なき群衆	700 "

Hunscheidt⁴⁾ は彼の行つた實驗を基として次の報告をなしてゐる。

狭苦しくない程度にふれあふ適度の群衆	565 kg/m ²
集會所のはねる時にみる様な賑かな交通をしてゐる群衆	650 "
狭い道路、地方橋等に多くの人が集つた際の群衆	700 "

橋梁上の交通は非常に賑かな歩道上よりも僅かに密集してゐるものとすれば、390 kg/m² 概

1) 1919 年のスエーデンの決定規格にこの點が問題となつてゐる。30 頁参照。
 2) 13 頁の脚註に示した文獻参照。
 3) Eng. News, 1904.
 4) Hunscheidt: Versuche zur Ermittlung der Belastung durch Menschengedränge, Zentralbl. Bauv. 1904, S. 504.

數にして 400 kg/m² の荷重數は床及主桁に對して充分であるとみなければならぬ。特に大きな橋梁に於て車道を滿すためには著しい群衆が存在せねばならぬので、それ自身例外に超過した場合でも橋梁の各部分は損害なく多くの應力が鋼構桁に對して許されるから尙更この數を上極限としてみるべきであらう。密集せる群衆は非常に緩やかにのみしか前進する事が出來ぬから、斯る場合は、活荷重の動力學的作用は問題にならない事を忘れてはならぬ。上に定めた數字に一致して大抵の規定は出來てゐる。そしてその高低の相違は最大 60 kg/m² 位である。

本來の歩道構造の計算の際には問題は又別である。この構桁の部分の断面決定は非常に場所的荷重に關係するものである。それ故にこの部分の断面決定の際には限られた場所へ密集せる群衆を顧慮するのが正當と思はれる。Johnson の實驗によれば 600 kg/m² の數が歩道の荷重として推薦されてゐる。然しこの荷重は例外荷重とみられる。大抵の規定は 500 乃至 560 kg/m² と定めてゐる。

橋梁各部分の計算の際には車輛が求める作用に對して最惡の排列をなすものとする、こゝに大抵連續せる車輛の多くの列が整列される。その上車道及歩道の空地は人間で充されたと考へる。大橋梁の際には群衆のみにて大抵車輛列よりも大きな作用を生ずる。何故なれば、車輛の平方米當りの平均荷重は、馬をつけるため占められる大きな場所のために群衆による荷重よりも小さくなるからである。

主桁が單桁よりなる場合に於てさへ、少くも吟味上單一荷重列車が問題となる場合に於ては主桁の靜力學研究は影響線の助けを借ると結果が最もよい。鐵道橋の活荷重に就ての一般説明の結論に述べた問題は又當然道路橋に於ても同じ役目をなしてゐる。それ故に上の説明は又道路橋の計算の際にも良く應用されるのである。

上述の詳細の説明の爲めに多くの道路橋に就ての規定の荷重決定を簡約に報告せねばならぬ。ドイツに於ては大抵の鐵道管理者は亦道路橋の構造に關する規定をも出してゐる。Bayern, Sachsen, Württemberg, Baden も同様である。オーストリアも同様。プロシヤでは一般に統一せる道路橋規定を缺いてゐる。その他勿論大都市の構造管理者によつて發せられた多くの規定がある。

最近全ドイツに於て規定を統一せんとする幾多の努力が現はれて來た。Kayser, Schaper, Ellerbeck, 及 Starker などは詳細な提議をなした。¹⁾ Kayser の提案は最も注意すべき價值のあるものである。

Kayser 教授は交通路の意義に従つて橋梁を三種類に分つた。第一級は州道、第二級は縣道。第三級は町村道、そして各々それぞれ違つた荷重を基礎とした。Kayser 教授はさらに一律に

1) Kayser, H.: Belastungsannahmen für Straßenbrücken und Vorschläge für ihre Vereinheitlichung, Zeitschr. Bauw. 1916, S. 75.
 Schaper: Die Belastungsannahme usw. für Straßenbrücken, Zentralbl. Bauv. 1916, S. 142.
 Dr.-Ing. Ellerbeck und Starker: Berechnungsgrundlagen für eiserne Straßenbrücken, Zeitschr. Bauw. 1920, S. 115.

車線の幅を 2.50 m とし、どの種類の橋梁も重い集中荷重の荷重群を最悪の排列にして、其の残りは等分布荷重を以て計算すると云ふ注目すべき提案をなしたのである。荷重群は道路輾壓機 1 臺及び重い貨車 2 臺から成り、必要によつて並びつ最悪の排列をなすのである。主桁の計算の際は 3 車線の場合は 3 荷重を最悪の排列に並べ、その他の場合は重い貨車の数を相當するだけ増減する。この荷重群の前後並に側面の橋面は群衆を以て荷重されねばならぬ。

各種類の橋梁に対する前に述べた荷重は次の様である。

第 I 級：全重量 20 t の蒸汽輾壓機 1 臺。(前輪 8 t, 後輪 12 t, 車輪間隔 3.5 m) 及重量各々 9 t の貨車 2 臺。(前軸 3 t, 後軸 6 t, 車輪間隔 4 m), 其他は 500 kg/m² の群衆より成る荷重群。

第 II 級：全重量 14 t の蒸汽輾壓機 1 臺(前輪 5 t, 後輪 9 t, 車輪間隔 3.5 m) 及重量各々 6 t の貨車 2 臺。(前軸 1.5 t, 後軸 4.5 t, 車輪間隔 3.5 m), 其他は 450 kg/m² の群衆より成る荷重群。

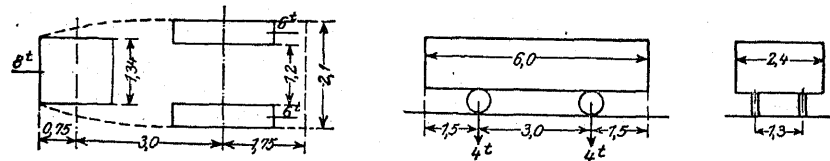
第 III 級：全重量 9 t の馬引輾壓機 1 臺(輾壓機 6 t, 二對の馬各 1.5 t) 及第 II 級と同様に重量各 6 t の貨車 2 臺。其他は 400 kg/m² の群衆よりなる荷重群。

Kayser の提案に Ellerbeck 及 Starker の異議を唱へた所は短支間の桁に於て(縦桁)馬引輾壓機(第 III 級)は第 II 級の 14 t 輾壓機よりも大なる彎曲率を生ずる事であつた。そこで彼は馬引輾壓機を重い蒸汽輾壓機(5 t+2×1 t)におきかへる事を提議した。

a) 1908 年 2 月 1 日の Bayern 州有鐵道(道路橋)規定

1. 第 I 級(州道) a) 全重量 20 t の道路輾壓機 1 臺(第 24 圖)及同時に車道の残つた部分及歩道の上に 360 kg/m² の群衆による荷重。

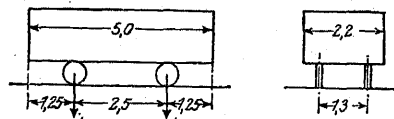
β) 20 m 以上の支間の橋梁に對して：馬及棍棒を除いた 8 t 車(第 25 圖)の連續, 及同時に 360 kg/m² の群衆荷重, 車は互に 4 m の距離をおいてつゞく。



第 24 圖及第 25 圖 Bayern, 州道

2. 第 II 級(縣道) 8 t 重量の車(第 25 圖)及同時に 360 kg/m² の群衆荷重。

3. 第 III 級(町村道) 馬及棍棒を除いた全重量 4 t の車(第 26 圖)及車道の残りの部分に 360 kg/m² の群衆荷重



第 26 圖 Bayern 町村道

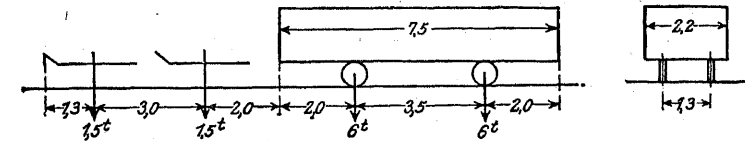
4. 人道。車道床組, 歩道床組及人道の各部(横桁, 中間縦桁, ブラケット等)は歩車道床版を直接うけ, 又は主桁にかゝる荷重をも支へるが, これに對しては(同時に車輛荷重は乗らない)540 kg/m² の群衆荷重に對して計算する。

高欄は横木の高さに於て作用する 100 kg/m の側壓力に對して計算する。

b) 1895 年 4 月の Sachsen 州有鐵道道路橋規定

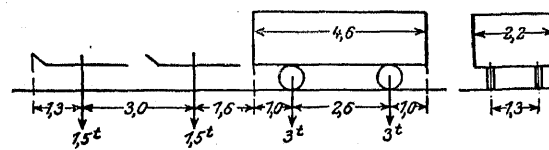
400 kg/m² の群衆並に歩道の各部分の計算には 560 kg/m², 若し一部分に大きな應力が起れば 1 又は多くの貨車を次の形式により假定する事が出来る。

1. 繁しい交通の道路：馬を附けた 12 t 車(第 27 圖)



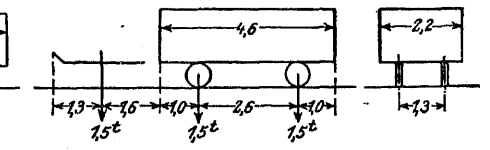
第 27 圖 Sachsen, 繁しい交通のある道路橋

2. 中位の交通の道路：馬附 6 t 車(第 28 圖)



第 28 圖 Sachsen, 中位の交通の道路橋

3. 僅かな交通の道路：馬附 3 t 車(第 29 圖)



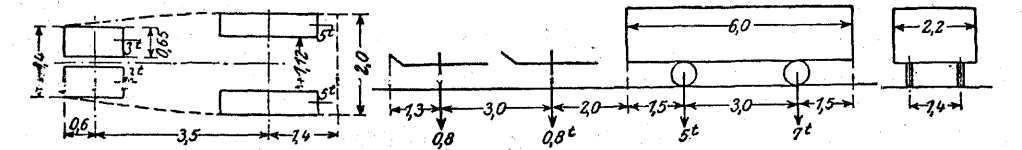
第 29 圖 Sachsen, 僅かな交通の道路橋

道路輾壓機等による(激しい荷重を豫想する所には, これを計算の基礎におかねばならぬ: 普通上部構造には 1 車輛のみとし他の部分は群衆荷重をうけるとする。この際起る應力は他の許容應力の 1/2 迄昇つても良い。

c) 1909 年 2 月の Württemberg 州有鐵道規定(及道路管理局による規定)

1. 幹線に連續した橋梁 道路輾壓機にて轉壓される交通頻繁なる街の中又は附近。車道に對する群衆荷重は徑間 20 m 以上は 400 kg/m², 以下は 500 kg/m² とし, 歩道に對すると全く同様である。それに第 30 圖による 16 t の重い輾壓機荷重を考へる。交通頻繁なる街から離れた道路では 400 kg/m², 徑間 20 m 以上の橋梁の車道の場合は 350 kg/m² の群衆荷重及 16 t の重い輾壓機。

2. 地方道路に連續した橋梁 州道及重要な縣道群衆荷重は支間 20 m 以下に 460 kg/m², 徑間 20 m 以上は單に 350 kg/m² 及 12 t の重貨車(第 31 圖)



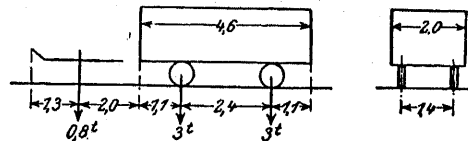
第 30 圖 Württemberg, 16 t 輾壓機

第 31 圖 Württemberg, 地方道路橋

3. 町村道に連結せる橋梁 群衆荷重は徑間 20 m 以下 350 kg/m², 20 m 以上は 300 kg/m² 及 8 t 重貨

車(第32圖)

4. 歩道 停車場の軌道上は450又は400 kg/m² (後者は徑間 20 m 以上の際), 停車場から 500 m の距離迄は 350 又は 300 kg/m², 交通少なき時は 200 kg/m²

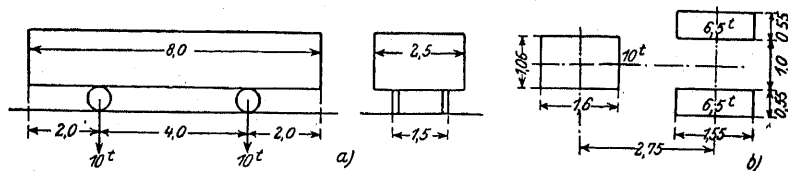


第32圖 Württemberg, 町村道路橋

各の構造部分に對して群衆荷重の他に輾壓機 1 臺又は貨車 1 臺の最悪の荷重を採る。主桁の計算の際には車輛の集中荷重の代りに相當せる平面への等分布荷重を基にする。(各車輛に蔽はれた面の 1 m² 當りに就き輾壓機には 1600 kg, 12 t 貨車には 500 kg, 6 t 貨車には 450 kg), 大きな徑間の際には主桁は等分布荷重によつて計算する事が出来る, それは群衆荷重の平均値及車輛の相當荷重に相當するものである。

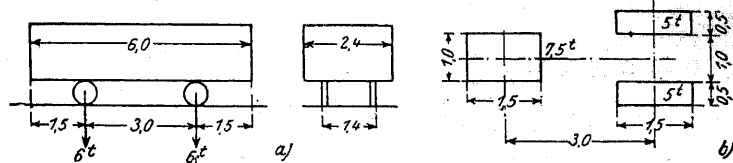
d) 1903 年 2 月の Baden 州有鐵道規定

1. 激しい交通ある街路橋 450 kg/m² の等分布荷重及重量 20 t の 4 輪車 (第 33 圖 a) 又は 23 t の蒸汽輾壓機 (第 33 圖 b)



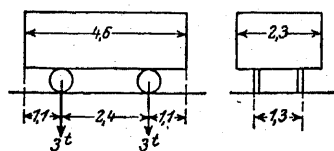
第33圖 Baden, 繁しい交通ある橋梁

2 他の凡ての公共の橋 400 kg/m² の等分布荷重又は重量 12 t の 4 輪車 (第 34 a 圖) 又は 17.5 t の蒸汽輾壓機 (第 34 b 圖)



第34圖 Baden, 通常交通のある橋梁

3. 側道 350 kg/m² の等分布荷重, 又は重量 6 t の 4 輪車 (第 35 圖) 1 輛



第35圖 Baden, 側道に對する橋梁

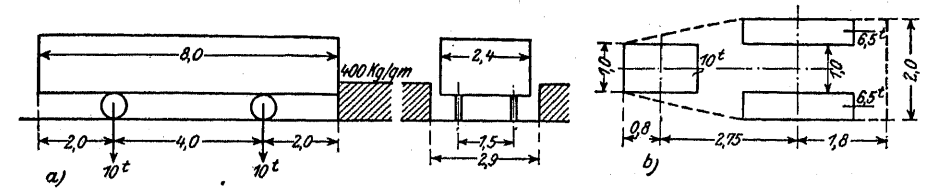
人道及歩道の箇々の部分に對しては: 市街では 500 kg/m², 他は 400 kg/m², 重要ならざる道路橋で往々甚しい群衆荷重が豫想される場合でも, 許された最高値よりも大きな應力が起らない限り 3. による荷重によつて要求される以上の断面はとらない。

e) ベルリン市に於ける道路橋規定

1. 主桁 a) 20 t 車 (第 36 圖 a) 及車體の兩側及後方に群衆荷重 400 kg/m². 多くのこれらの重い車輛が同時に作用する際に起る應力が計算によつて指示されねばならぬ。馬の重量は無視する事が出来る。

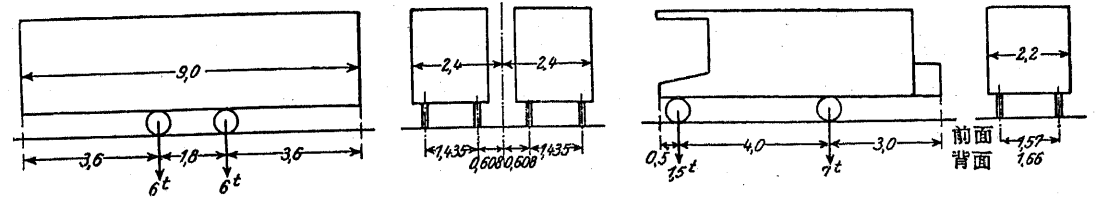
β) 第 36 圖 b) に示す蒸汽輾壓機 1 臺による荷重, 群衆荷重は無し。

γ) 車輪壓力によつて間接に主桁が荷重される大橋梁にあつては, 車輛なしの 500 kg/m² の群衆荷重。



第36圖 ベルリンに於ける道路橋

2. 床構造 車輪の衝撃に對して 20% の増加をみた a) と同じ荷重, 又は β) と同様。前の荷重の外にそれらが悪い値を與へる限り, お互に並んで置れた市街電車車輛及乗合自動車(第 37 及 38 圖)に示された寸法及重さで顧慮されなければならぬ, これはよくボニー橋の横桁に出て来る。



第37及38圖 ベルリンに於ける道路橋

3. 歩道構造 満載群衆荷重 500 kg/m². その他に高欄横木に於て 100 kg/m² の水平力を計算に置く。
4. 橋臺及橋脚 群衆荷重 500 kg/m².

f) Köln 市に於ける新しいライン道路橋, 代用舟橋の規定¹⁾

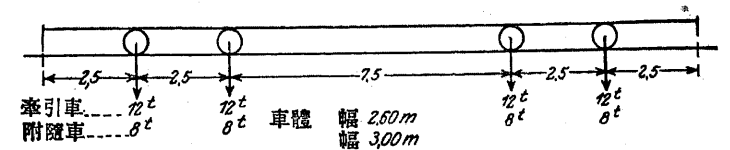
活荷重として計算に入れるべきものは

1. 電車車輛 第 39 圖,
2. 第 40 圖に示す車輪距離及寸法を有する貨車。

a) 重量 20 t の非常に重い電車。

β) 重量 10 t の中位の車。

γ) 第 36 圖 b) に示す重量 23 t の道路輾壓機。

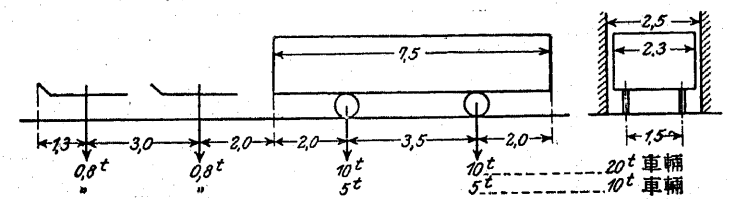


第39圖 Kölnに於ける新しい道路橋, 市街電車車輛

δ) 群衆荷重 450 kg/m².

車道に對して顧慮すべき事項。

1. 兩軌道に 12 t 軸壓が直接連なる牽引車の 1 列。



第40圖 Kölnに於ける新しい道路橋, 貨車

1) Mehrrens und Bleich: Der Wettbewerb um den Bau einer Rheinstraßenbrücke in Köln. Der Eisenbau 1911, S. 399 ff.

- 2. 20t 貨車 1 臺.
- 3. 任意に多くの 10t 貨車.
- 4. 車道の残りの部分へ 450 kg/m² の群衆荷重.
- 5. 特別な荷重として、群衆荷重にかこまれた車道の各部に於て通過し得る道路輾壓機.
- 6. 主桁及歩道に對して顧慮すべき事項：

α) 主桁 電車の兩軌道は各 12t 軸壓を持つ電車 2 臺及 8t 軸壓の附隨車 1 臺から成る直接連續せる 1 列の電車による荷重をうける。その他の車道部分は 40 kg/m² の群衆荷重、歩道は 550 kg/m² の荷重をとる。荷重は從て影響線の正又は負の部分の何れかのみ荷重をかける様に分けられるべきである。

β) 歩道 550 kg/m² の群衆荷重。高欄は高欄横木に於て 120 kg/m² の水平力に對して計算する。

g) オーストリア道路橋規定

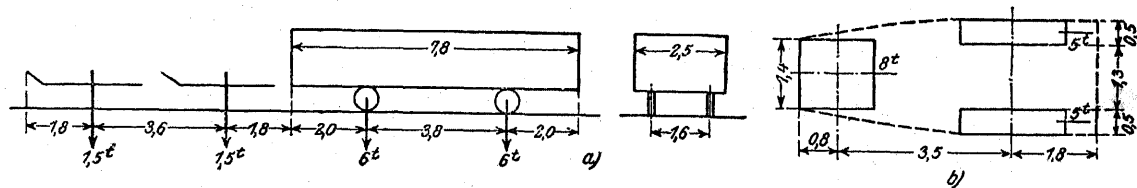
(1905 年發布)

活荷重によつて起る最大荷重は一般に下に述べる荷重を基にして求める。即ち

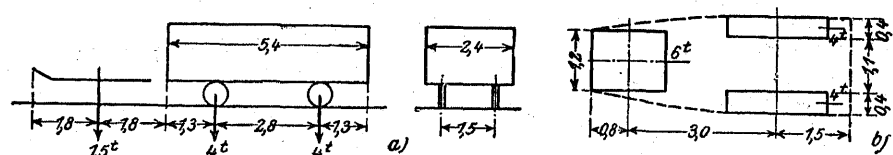
- a) 車道上来得る限り車輛を集め(馬を含める)、歩道及車道の残つた部分に同時に群衆をおくとする場合。
- b) 歩道と同様車道にも群衆荷重を乗せる場合。
- c) 蒸汽道路輾壓機の通過が問題となる一等及二等道路橋の際には蒸汽道路輾壓機 1 臺及 a) に從つて他の橋面へ同時に荷重を乗せる場合。

この荷重種類のうち各々の場合及各々の構桁の部分に對して有害の場合を顧慮する事。

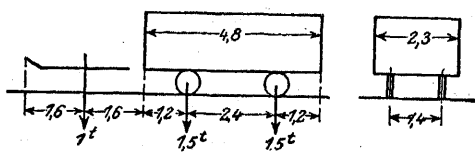
- 1. 一等橋 第 41 圖 a に示す全重量 12t の 4 輪貨車、400 kg/m² の群衆荷重、第 41 圖 b に示す全重量 18t の蒸汽道路輾壓機。



第 41 圖 オーストリア、一等橋



第 42 圖 オーストリア、二等橋



第 43 圖 オーストリア、三等橋

- 2. 二等橋 第 42 圖 a の全重量 8t の 4 輪貨車。

400 kg/m² の群衆荷重、第 42 圖 b の全重量 14t の蒸汽道路輾壓機。

- 3. 三等橋 第 43 圖の全重量 8t の 4 輪貨車、

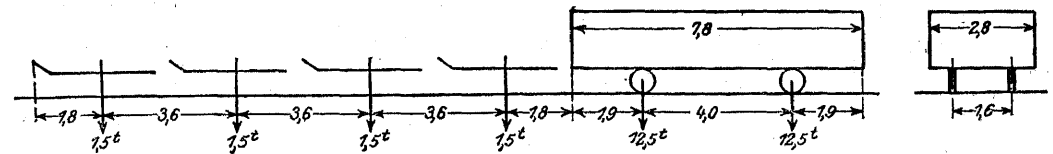
340 kg/m² の群衆荷重。

h) Aspern 橋の改築に對するウィーン市の規定¹⁾

(1912 年)

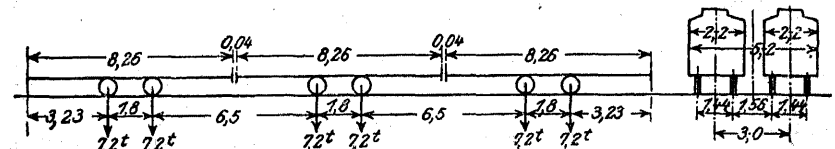
活荷重として次のものを採る。

- α) 群衆荷重 460 kg/m² 及歩道の添加物に必要な荷重として 160 kg/m²。
- β) 床版、横桁及縦桁の部分的荷重、第 44 圖による 25t 軸の重貨車、第 41 圖 a にある重貨車 2 臺及第 42 圖 a にある 2t 重貨車 2 臺、且最悪の排列による残りの歩車道面への群衆荷重。但し市街電車を除く。



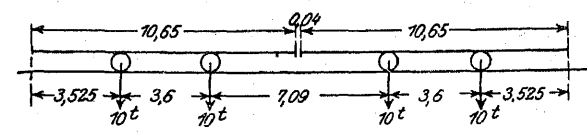
第 44 圖 ウィーンに於ける Aspern 橋の改築、25t 貨車

- γ) 床版、横桁及縦桁の部分的荷重、第 41 圖 b にある 18t 重道路輾壓機、その外に 12t 及 18t 重貨車及歩道の空地へ群衆荷重、輾壓機が橋梁を通過する時には軌道は δ) に述べた連結せる自動車をもて荷重とする。

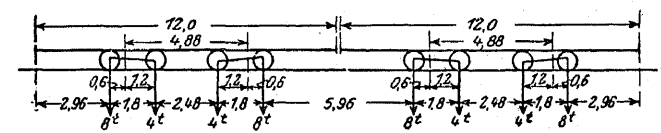


第 45 圖 ウィーンに於ける Aspern 橋の改築、市街電車々輛

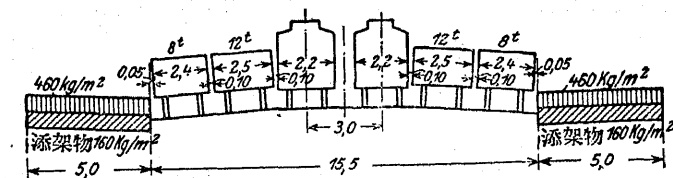
- δ) 第 45, 46, 及 47 圖に表はした連結せる自動車による荷重、第 48 圖に示す様に兩方の車線が必要に伴つて全部又は一部に連結せる自動車が置かれ、車道の他の部分は 12t 及 8t の馬を含む重車が兩側及後方につき最悪の作用をなす排列をし、尚其の他の車道及歩道には群衆荷重を採る。



第 46 圖 ウィーンに於ける Aspern 橋の改築、市街電車々輛



第 47 圖 ウィーンに於ける Aspern 橋の改築、市街電車々輛



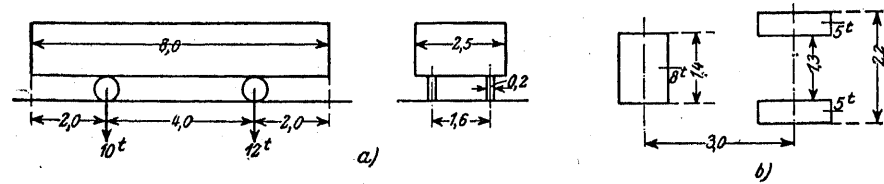
第 48 圖 ウィーンに於ける Aspern 橋の改築

1) Bleich, Friedrich : Der Wettbewerb um den Umbau der Aspernbrücke über den Donaukanal in Wien, Der Eisenbau 1915, S. 64.

i) ス イ ス

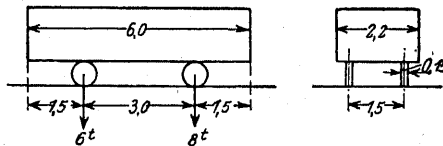
(1913年6月7日制定)

1. 幹線道路 計算は 500 kg/m^2 の等分布荷重又は不等軸重 10t 及 12t を持つ第49圖 a) による 22t 貨車又は重量 18t の第49圖 b) の輾壓機を基とする。



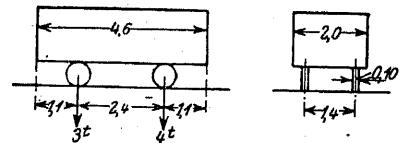
第49圖 スイス、幹線道路の橋梁

2. 重要な支線道路 400 kg/m^2 又は第50圖の 14t ($6\text{t}+8\text{t}$) 貨車、又は 18t の輾壓機。



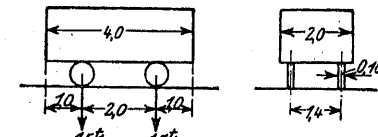
第50圖 スイス、重要な支線道路の橋梁

3. その他の道路 300 kg/m^2 又は第51圖の 7t ($3\text{t}+4\text{t}$) 貨車。



第51圖 スイス、其の他の道路の橋梁

4. 町村道及山岳地方の道 200 kg/m^2 又は第52圖の 3t 貨車。



第52圖 スイス、町村道橋梁

j) ス エ ー デ ン

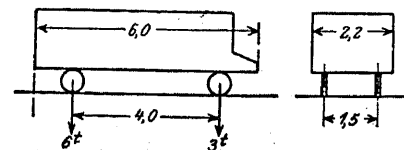
(1919年5月3日制定規定)

a) 群衆荷重及雪荷重 群衆荷重及雪荷重を合せて 500 kg/m^2 。歩道橋及最大 3m の有効幅員を有する橋梁はこの荷重を 300 kg/m^2 に減ずる。

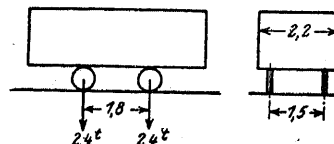
b) 交通車輛 1. 有効幅員 4.3m 以下の道路橋は第53圖に示す軸重及寸法を有する貨車1臺に對して計算せねばならぬ。

2. 有効幅員 4.8m 以上の道路橋は第53圖によるお互に向ひ合つて來る貨車2臺(横距離 0.2m) によつて計算する事。

3. 最大 3m の幅員ある橋梁は第54圖による荷重とする。



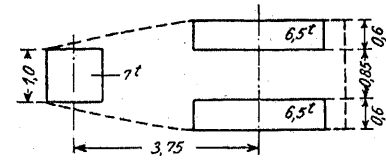
第53圖 スエーデン、貨車



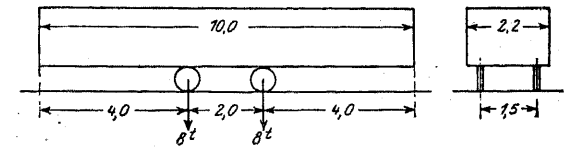
第54圖 スエーデン、貨車

4. 街路橋及大工業地に於ける橋梁には第53圖による横距離 0.2m の二つの互に出合ふ貨車は 4t 前軸と 8t 後軸を持つ車とし且 20t 蒸汽道路輾壓機1臺を以て荷重とする。

5. 市街電車の通過してゐる道路橋は上述の車の他尙第56圖に示した市街電車々輛から成る1列車に對して計算をする。



第55圖 スエーデン、道路輾壓機



第56圖 スエーデン、市街電車々輛

交通車輛の衝擊作用は特に顧慮しなくてよい。車道並に主桁は車輛荷重及群衆の最悪の結合を基礎として計算する。

k) デ ン マ ー ク

デンマークに於ては統一せる橋梁規定はない。こゝに吾々は Aalborg 及 Nørresundby 間の Limfjord にかゝる新しい橋梁設計に對する國際的競争の靜力學計算を行つた時、基礎とした様々な交通及荷重規定を引用する。

次の活荷重を以て橋梁を計算すべき事。

1. 4輪上に荷重が等布せる 20t 貨車; 軸距離 4.5m 、車の中心から中心迄 1.5m 、長さ、幅各 7.0m 及 2.4m 。車の前角から前軸までの距離及車の後角から後軸までの距離は同じ大ききとす。

2. 23t 蒸汽輾壓機1臺。不必要な複雑な計算を避けるためにフランスの蒸汽輾壓機即ち前後輪各々 11.5t 、間隔 2m 、車輪の直径 1.5m 、幅は 1.5m と假定する。蒸汽輾壓機の全幅は 2.7m 、全長 5.4m 、前軸から前角への距離と後軸から後角への距離は等しとす。

3. 市街電車々輛。標準軌間の單線市街電車を假定する。各車の重さは乗客を含めて 15t 、4輪に全く等布する。軸間隔 1.8m 、緩衝器間隔 9.2m 、及車輪幅 2.0m とす。

4. 普通の交通即ち群衆及車輛及その他。歩車道と同様にこの荷重は 500 kg/m^2 とし、小部分のみならず、全徑間又は全橋梁に置くものとす。

懸賞応募者は上述の蒸汽輾壓機は上述の貨車を牽引する可能性ある事に注意せねばならぬ。然し前述の市街電車々輛よりも多くの蒸汽輾壓機、又はより重い多くの貨車が橋梁を同時に通過する可能性はないとして計算してよい。然し貨車荷重、蒸汽輾壓機及市街電車々輛の外に橋床の蔽はれてない全部へは群衆荷重を以て計算する。

衝擊による荷重の増加は必要ない。

高欄はその上縁に直角に 80 kg/m の水平力を以て計算する。