

鋼筋混凝土拱桥設計

王卿權 編著

科學技術出版社

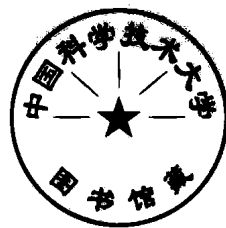
551
1074

122606

551
1074

鋼筋混凝土拱桥設計

王 卿 权 編 著



科 学 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書主要介紹鋼筋混凝土拱橋各部分主要尺寸的確定方法，橋樞各種型式及其設計方法，拱梁的設計方法，連續拱梁的設計方法，以及桥台桥墩与基礎的設計方法等。

鋼筋混凝土拱橋設計

編 著 者 王 秉 权

*

科學技術出版社出版

(上海建國西路 336 弄 1 号)

上海市書刊出版業營業許可証出 079 号

上海市印刷四厂印刷 新華書店上海發行所总經售

*

統一書号 15119·521

开本 787×1092 紙 1/18 • 印張 16 5/9 • 插頁 3 • 字數 324,000

1957年 6 月第 1 版

1957年 6 月第 1 次印刷 印數 1—1,800

定價：(10) 2.80 元

序 言

桥梁工程,在铁路与公路工程中,占极重要的地位。目前我国正在进行国民經济建設第一个五年計劃,铁路与公路的发展,均將突飞猛进,建桥技术因之需要益感迫切。鋼筋混凝土拱桥,在各种类型的桥梁中,所占地位极高;为今后国民經济建設中尽量节省鋼材的使用,多采用鋼筋混凝土拱桥更具有特殊意义。国内有关桥梁工程書籍,对鋼筋混凝土拱桥的設計,多偏重于拱梁应力分析方面的講述,对拱桥全部設計过程、步驟及方法,則很少作全面的介紹,故在实际設計时,常苦于无全面及有系統的可参考書籍。因此,本人参考苏联的設計先进經驗及欧美名著,將有关鋼筋混凝土拱桥設計的步驟及方法,自桥址選擇、拱桥主要尺寸的决定等开始,以至桥樞、拱梁与墩台基础等的全部設計作比較全面及有系統的編述,并均附以計算实例,以期便利于設計时的参考。

本書內容共分九章,其中有关設計理論及方法,絕大部分取材于苏联的先进經驗,仅有一小部分采自欧美著述。有关所举示例,則均采用本人以往的經驗資料,編撰而成。但因本人所知有限,对苏联先进經驗体会不深,本書所述,难免有很多舛誤之处,尚希讀者随时予以指正,无任銘感。

王卿权識 1956年7月

SAT 11/1

目 錄

第一章 总論	1
1. 引言	1
2. 拱桥种类	1
3. 拱桥各構成部分及拱梁各部分	1
第二章 計算荷重	5
6. 簡述	5
7. 靜荷重	5
8. 活荷重	6
9. 衝击荷重	12
10. 离心力	13
11. 风力	14
12. 气温变差影响力	14
13. 混凝土收縮力	14
14. 冰压力	14
15. 地震力	15
第三章 拱桥基本尺寸的決定	16
16. 拱桥总長, 跨徑及高程的決定	15
17. 最經濟的跨徑設計	25
18. 桥下淨空的決定	26
19. 航行要求的桥下淨空界限	26
第四章 桥軀設計	31
20. 总論	31
21. 混凝土重力式拥壁桥軀的計算	32
22. 鋼筋混凝土拥壁式側牆桥軀的計算	37
23. 鋼筋混凝土前牆式側牆桥軀的計算	42
24. 軀拱式桥軀的計算	68
25. 桁架式桥軀的計算	69
第五章 單孔拱梁的設計	118
26. 拱梁設計的理論	118
27. 拱梁設計要点和構造上的要求	118
28. 拱軸形狀的選擇	119
29. 拱梁厚度的計算	123
30. 拱腹曲綫	124
31. 拱梁草图的計算	124
32. 拱梁核算的方法	126
33. 填腹式拱桥設計	149
34. 空腹式拱桥設計	166
35. 拱梁設計方法的比較	191
第六章 連續拱梁的設計	195
36. 引言	195
37. 設計步驟	195
38. 应力核算方法	196
39. 中和点的位置	196
40. 拱梁抗弯刚度、轉动推力綫与弯矩傳遞系数	197
41. 拱梁抗推刚度与位移推力綫	198
42. 桥墩抗弯刚度、抗推刚度、轉动	

推力綫与位移推力綫	198	46. 气温变差与拱梁收縮所产生的 应力計算	201
43. 用中和点分配法分配推力及弯 矩的方法与步驟	199	47. 連續拱梁設計示例	201
44. 靜荷重应力的計算	200	48. 連續拱梁設計的另一方法	221
45. 活荷重应力的計算	200		

第七章 橋墩和橋台的設計226

49. 概述	226	55. 桥墩和桥台稳定性的驗算	231
50. 桥墩和桥台的計算荷重	226	56. 基础土壤压应力的驗算	232
51. 桥墩和桥台在設計上与構造上 的要求	297	57. 桥墩和桥台基础土壤稳定性的 驗算	233
52. 桥墩和桥台的草图設計	228	58. 基础沉降的計算	233
53. 桥墩和桥台的驗算	229	59. 桥墩設計	235
54. 桥墩和桥台强度的驗算	231	60. 桥台設計	249

第八章 打樁基础的設計258

61. 簡述	258	64. 基樁的驗算	262
62. 樁的承載力	259	65. 打樁基础設計示例	263
63. 打樁基础的計算和基樁的排列	261		

第九章 沉箱基础的計算266

66. 沉箱結構簡述	266	68. 压气沉箱的計算	271
67. 开口沉箱的計算	267	69. 沉箱計算示例	275

附表 1	288
------------	-----

附表 2	288
------------	-----

附图 1	289
------------	-----

参考書籍	290
------------	-----

第一章 总 論

1. 引 言

就力学方面来讲,拱形结构异于横梁者,是在两端所受的反力有所不同。当结构物承受荷重时,在横梁的两端,仅有向上的反力发生,在拱形结构的兩端,則更有水平推力的存在,如图 1 所示。在各种结构中,拱形结构,因拱形作用,常为最强固与最经济的,无论何有經驗的工程师,若设计一个 30 公尺或 40 公尺跨徑的钢筋混凝土横梁,使其高度仅为 7 公寸或 8 公寸,则为不可能的事,但若用拱形结构,則是很简单很容易办到的。

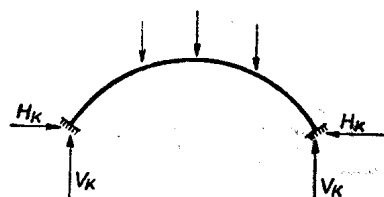


图 1

拱形结构,最适宜于負載靜荷重之用。因拱形结构的拱軸形状,可做成与其所負載的荷重弦綫多边形相吻合,拱形结构所承受的弯矩,大部分可因之而消滅。

在桥台桥墩不能沉陷与活荷重較小的条件下,拱形结构极为一般所欢迎。桥台桥墩如不能避免沉陷,拱形结构則是一极不经济的建筑。如活荷重較靜荷重大时,由实际經驗得知,拱形结构也是不甚经济,因拱形结构本身,除需承受軸向压应力及弯曲应力外,尚需承受巨大的震动力。

2. 拱桥种类

拱桥种类,有下列三种: (一)拱頂及拱脚均用鉸鏈結合者称为三鉸拱; (二)仅拱脚与桥台或桥墩用鉸鏈結合者称为二鉸拱; (三)兩端拱脚均固定于桥台或桥墩者称为无鉸拱。三鉸拱及二鉸拱多用于鋼結構,无鉸拱則多用于混凝土結構。钢筋混凝土拱桥虽有时亦采用三鉸拱,但一般所最常用者則是无鉸拱,故本書所及仅后者一种。

3. 拱桥各構成部分及拱梁各部分名称

拱桥的組成,有下列主要部分: (1)桥面、(2)桥軀、(3)拱梁、(4)桥台、(5)桥墩及(6)基础。桥面是桥身最上的一部分結構,專为行駛車輛而設置的。因公路桥与

铁路桥所行駛的車輛不同，有时其構造型式亦不一致。桥軀是桥面以下与拱梁以上全部空間的总称。这部分空間有时可用砂土礫石等材料完全填实，兩側建筑側牆承擋之。有时这部分空間可全部留空，桥面用軀牆、軀拱或桁架等的結構支承于拱梁之上。因此拱桥以桥軀構造型式的不同，又有空腹式与填腹式的分別。拱梁是桥身最下弯曲部分，主要用以承载桥身全部荷重之用。这部分結構，有时采用整体的曲版構造，有时采用两个或多于两个單独的拱梁構造。桥台是靠近河岸的下部構造，用以传达桥梁荷重于基础之上的設置。拱桥下部構造，建于两孔拱梁之間的称为桥墩，也是用以传达桥梁荷重于基础之上的設置。拱桥基础有时直接建于

天然岩层之上，有时更需建筑于人造的基础上面。人造基础，普通均采用打樁基础。

拱梁各部分名称如图 2 所示者，均为一般所慣用。拱梁最高部分称为拱頂，拱梁兩端与桥台或桥墩互相銜接部分称为拱脚，拱梁下緣称为拱腹，拱梁上緣称为拱背，每一拱梁两拱脚橫截面重心間的水平距离称为跨徑，自拱頂橫截面的重心至两拱脚橫截面的重心連綫間的縱距称为拱高。

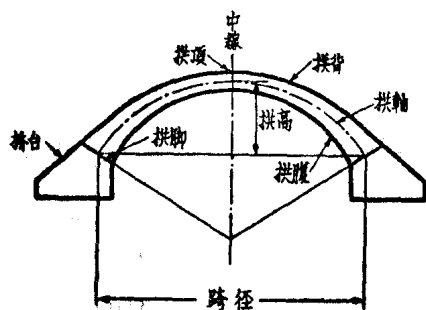


图 2

4. 拱桥在設計上的基本要求

拱桥設計，是一个极为繁重的工作，必須經過一定过程去勘测、研究、选择与决定。換言之，設計就是要解决一切基本問題，如技术上的、經濟上的以及其他个別的特殊問題。在桥梁本身設計上，并必須滿足建造和实用的、技术和結構計算的、經濟和美术的各方面要求。

建造和实用的要求： 为了使桥上通行車輛适宜与安全，桥幅必須有足够的寬度，以便車輛不受阻碍而能迅速通过。在公路綫上的拱桥桥面，須用便利行車及不易透水的材料制成。拱桥在構造上应保証必需的安全及使用年限，并須考虑在加速工作进程及提高工程質量的原則下，尽可能使便于大量利用机具施工。

技术和結構計算上的要求： 拱桥及其細部，都一定要合乎牢固、穩定及剛性的要求。牢固性决定于荷重及容許应力的恰相适当、且不至浪費断面尺寸的設計。

拱桥結構的計算，必須根据图案，有謹严的步驟，并拟訂計算的前提条件，使所得計算結果与实际情况接近完全准确。

穩定性是指拱桥負載荷重时，各部結構具有能保持原形及固定位置的条件。

稳定性的保持,应按照规定规范加以驗算。

剛性的决定条件,是拱桥負載荷重时,各部分的变形不致超过一定的尺寸。

經濟上的要求: 拱桥設計,在經濟上的要求,是必須使建桥費用及材料的消耗达到最小限度,并尽量节省人力的使用。

經濟上的要求,不能單純地只从目前的工程造价着眼,还必須更遠地計算到日后的使用管理,以及修整和重建費用,两相比較。只有从国民經济条件,总預算的要求,当地的实际情况及工程上与管理上的条件,联系打算,才能符合經濟上的要求。这是一个复杂而艰难的任务,要圓滿地完成它,不能單靠理論来解决一切。

审美的要求: 拱桥外觀,在各种結構中,应为最美丽的建筑,設計者应想尽方法,使其美观悅目的程度达到最高境界。

一般拱桥的外觀,应与其周圍的景物相調和,在两岸是高谷的山溪中,与在路基高填的平原河流上,建筑拱桥,常能得較美丽的景象;而拱桥的式样及其附属結構,对調和环境的關係更大:峻崖深谷地区,宜造龐大的拱桥;平原沃野之乡,則宜建細巧的桥樞。

拱桥的建筑,必須能使視之如同自地面上跃出来的一样,因此在山岭区域,应当采用較大的拱高比,使觀者感有雄偉不凡的印象。在平原地区,应采用較小的拱高比,以便能与周圍环境相調和,而桥台或桥墩与拱梁的划分,更須使之特別明显,無論在任何情况下,均不应使桥台与桥墩有被隱蔽的外觀。

連續拱桥的跨徑不相等,各孔拱梁的形狀不一致,及單孔拱桥两岸桥台的不对称,均能发生不調和的外觀。

拱桥两端用他种型式桥孔与岸相接,則常能显现出不調和的景象。

体形龐大的拱桥,应配較笨重的桥欄及其他附属結構;体形輕瘦的拱桥,应配以細巧的欄杆及其他附属結構。反之,將发生輕重倒置的毛病。

桥身各部分的比例,应使配合适当,否則將产生一种拙笨与呆板的外觀。这种弊端,單靠另外增加的裝飾,是不可能解决的,在一般的情形,应使桥樞部分及其附属結構所占据的空間,与地面及桥面間的空間,两者的比例尽量縮小。为了达到这样的目的,在選擇拱高时,应使拱頂愈能接近桥面愈佳。

拱桥桥面,如伸出桥樞側牆以外,常能構成較佳阴影作用。拱梁、桥台、側牆、帽頂及欄杆等結構,都是調度拱桥美术化最有力的部分。凡此各部,必須使之互相調和,比例适度。

在有些地方,如城市及工业中心地区,拱桥建筑并須附加美术裝飾,因此拱桥的設計,不單是工程师的制作品,也是艺术家的創作品。

5. 桥位的选择

桥梁工程,从它在铁路或公路工程中所耗费的造价,以及它在施工中的困难方面来说,都可以证明比其他的工程项目具有更重要的意义。因之在路线上决定建筑桥梁时,必须对河流性质、地质情况及排水量的要求等加以缜密研究,使桥梁造价趋于经济而合理,并使桥梁工程,对于路线本身成为合理的设计。

建桥位置,因不能离开铁路线或公路线的主要方向太远,所以筑路时桥位的选择,是常限制在一个很狭窄的范围以内的。最有利的桥位选择,应该是既考虑到河流及地质情况的一些限制条件,而又能获得最经济的建桥费与养护费的。

当勘测大桥桥位时,须考虑种种方法,务使桥梁位于河流的直线水流地段,并且是河槽深、水流平稳、两岸坚实而狭窄的地方。选择桥址的基本原则,为选择河流的直线地段,使桥梁中线远离河流急弯地区。这是因为河弯处的水流对于河岸及河床的冲刷较直线地段为猛的原故。

在天然河道中,河槽全是曲折的路线,并且是浅滩与深水段彼此相间的。浅滩是该河段形成的冲积层,水流速度较高。深水段是很深的静水段,最利于航运。因此桥位应避免浅滩,而应选在深水段内。在冲刷性大的河段上建桥,不但工程困难,而且费用亦需增大。

桥位在河流急弯、沙洲或浅滩等处,均是不适宜的。因为在这些地方,河中流冰容易拥塞,冰块在水上逐渐封聚到达相当厚度时,常能突破御冰设备而堆压桥身,对于桥梁,危险性是很大的。

桥位在曲线上时,浮冰的流动方向,常因河中水位高低不同而异,各种不同的冰面,会产生各种不同的流动方向,因此桥墩将受侧面的冲击,这种情况,对桥墩来说是非常危险的。同时,桥位在曲线上,船只及木筏的通行,亦将发生困难。这样,船只与木筏对桥墩亦均将发生危险性。

洪水期无洪汛或高低水位相差不大之处,是最理想的桥位地点。

路线经过小河时,桥位的选择,比大桥桥位的选择更受限制,因为路线是时常跨过小河的,为了适合建桥的要求而使路线变更其主要方向是不可能的。因此,如路线跨过小河的地位极为不利时,则可加做护岸与护底工程,或有时也可将水流引入新挖河槽,使新挖河槽以适当的方向与路线交叉。

河道主槽与河滩的地质构造,对桥墩地位的选定与对桥墩的建筑方法,有很大影响。桥墩愈高或建筑方法愈复杂,则愈利于用大跨径以减少桥墩的数目,因此在其他情况均相同时,其桥墩的建筑费倘为最小,则此桥位即为最适宜的桥位。

第二章 計算荷重

6. 簡 述

計算桥梁各部分的牢固性、穩定性及剛性是以其所負的荷重为依据的。桥梁荷重分主要荷重与附加荷重两种：主要荷重包括靜荷重、活荷重、衝击荷重、土压力及离心力等；附加荷重包括风力、气温变差影响力，制动力、冰压力、混凝土收縮力及地震力等。鋼筋混凝土拱桥所負的靜荷重，系指桥梁本身重量而言，包括拱梁、桥軀、路面、人行道、軌道、電纜及有关其他的一切装备。設計拱桥时，所負的靜荷重，除其本身重量外，余均为确知。在空腹式拱桥，桥軀及路面等的重量，均系由軀牆或軀柱传达于拱梁，故其施力綫亦为确知。

設計时所用的計算活荷重，須按路綫等級分別采用不同等級的标准荷重。倘桥軀回填部分为能將荷重分布十分均匀者，更可用相应的等代荷重代替之。

当活荷重行駛于桥上时，其对于桥身发生的衝击影响甚大。为了使活荷重能平均分布于桥身与减少活荷重的衝击影响，拱頂上面須回填的厚度，在公路綫上的拱桥，至少不应小于 3 公寸，在鉄路綫上的拱桥，至少不应小于 6 公寸。

由风力所生的側面力，对鋼筋混凝土拱桥所生的影响甚微。除选用的拱梁寬度小于跨徑 $\frac{1}{10}$ 时，拱梁应驗算风力作用外，其余則可不加驗算。

用主荷重及附加荷重驗算桥梁各部分时，必須符合下列两个要求：

- (1) 在仅用主荷重驗算时，計算应力不应超过基本容許应力。
- (2) 在用主荷重及附加荷重同时驗算时，計算应力不应超过技术规范所規定的容許应力。

驗算桥梁各部分时，应考虑桥梁在使用及建造中可能发生最不利的荷重組合情况。

7. 靜 荷 重

拱桥所負的靜荷重，已如上述。各种材料每立方公尺的重量，摘录如下，以供計算靜荷重的参考：

鋼料.....7,850 公斤

鑄鐵·····	7,200 公斤
木材·····	800 公斤
混凝土·····	2,200 公斤
鋼筋混凝土·····	2,400 公斤
松砂及土·····	1,600 公斤
摺實的砂或礫石及路碴·····	2,000 公斤
輾實的碎石及礫石路面·····	2,200 公斤
除木塊外的鋪砌路面·····	2,700 公斤
鐵路鋼軌及附件(按軌道長每公尺計)·····	225 公斤

計算鐵路桥梁的靜荷重,通常均假定路碴的頂,与鋼軌的底在同一高度。故枕木的重量,可弃而不計。

8. 活 荷 重

設計所用的活荷重, 鉄路綫上桥梁与公路綫上桥梁不同。公路桥梁所用的活荷重可分为三类: (一)汽車荷重, (二)拖拉机荷重, (三)行人荷重。鉄路桥梁所用的活荷重, 則仅有机車荷重一种。

汽車荷重: 公路桥梁所用的汽車荷重, 是由一組汽車行列所組成的垂直活荷重。

目前我国所采用的标准汽車荷重分为汽-13、汽-10、汽-8及汽-6四級, 是参照苏联国家标准規定的計算公路構造物所用的垂直活荷重而拟定的。标准汽車平面及各級汽車荷重行列如图3与图4所示。各級汽車行列的荷重如表1所示。計算汽車行列荷重所发生的应力时, 应假定汽車行列在桥上縱向移动, 其中心綫应与桥的中心綫平行。所有汽車均假定同向行进, 其位置以能使計算部分发生最大应力为准。如桥面为双車道时, 在

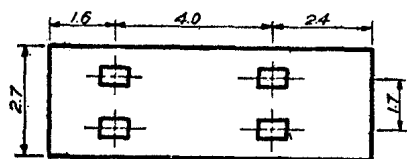


图 3

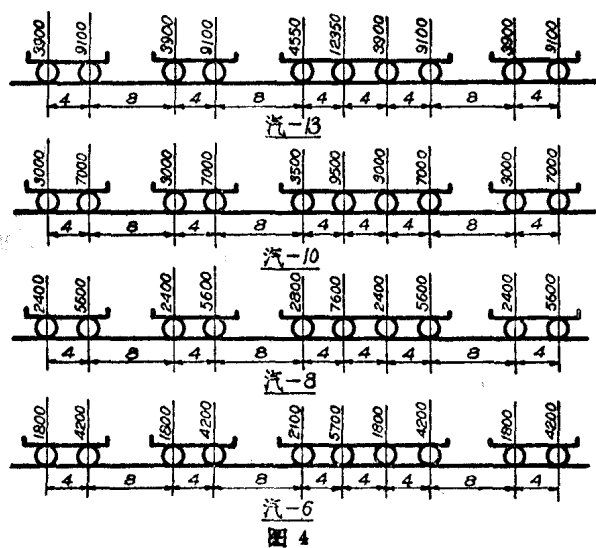


图 4

桥上同一橫截面內，各个汽車行列所应占据的位置，須能使計算部分发生最大的应力，而車輪外緣与緣石或人行道內緣的距离，不应小于 20 公分，在橫截面內，两車輪中距不应小于 1.1 公尺。

表 1 汽車荷重表

名 称	單位	荷 重 等 級							
		汽-13		汽-10		汽-8		汽-6	
載重汽車重量	公吨	16.9	13.0	13.0	10.0	10.4	8.0	7.8	6.0
汽車行列荷重 中主車輻数	輛	1	不限	1	不限	1	不限	1	不限
后軸荷重	公吨	12.35	9.1	9.5	7.0	7.6	5.6	5.7	4.2
前軸荷重	公吨	4.55	3.9	3.5	3.0	2.8	2.4	2.1	1.8
車身寬度	公尺	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
軸 距	公尺	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
輪 距	公尺	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
前輪胎寬度	公尺	0.25	0.20	0.20	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
后輪胎寬度	公尺	0.60	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.20	0.20

桥上通行縱排車輛超过两行以上时，桥上所受的最大荷重須按下列規定折減之：

荷重为三行时，所有三行列車荷重折減 15%。

荷重为四行或超过四行列車时，所有的荷重全部折減 25%。

为了簡化計算起見，可用等代荷重代替汽車荷重，今以汽-10 級荷重为标准，按三角形影响綫換算为等代荷重时，將如表 2 所示。

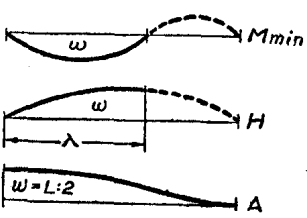
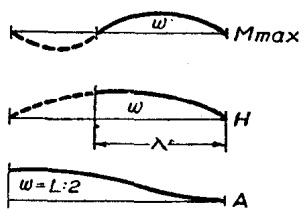
表 2 由一列汽-10級汽車荷重行列所引起的等代荷重表

跨徑或荷 重長度以 公尺計	計算簡支梁弯矩时		計算支点处 的剪力及弯 矩时 公吨/公尺	跨徑或荷 重長度以 公尺計	計算簡支梁弯矩时		計算支点处 的剪力及弯 矩时 公吨/公尺
	在跨徑中点 公吨/公尺	在跨徑1/4点 公吨/公尺			在跨徑中点 公吨/公尺	在跨徑1/4点 公吨/公尺	
4	4.75	4.75	4.75	24	1.35	1.44	1.57
5	3.80	3.80	4.08	26	1.32	1.38	1.51
6	3.17	3.17	3.56	28	1.29	1.34	1.45
7	2.71	2.96	3.14	30	1.26	1.32	1.41
8	2.38	2.67	2.82	32	1.23	1.29	1.39
9	2.27	2.43	2.65	36	1.19	1.22	1.32
10	2.16	2.23	2.54	40	1.15	1.16	1.27
11	2.05	2.05	2.43	50	1.10	1.10	1.18
12	1.95	2.00	2.31	60	1.05	1.05	1.13
13	1.85	1.93	2.20	70	1.01	1.01	1.08
14	1.75	1.86	2.09	80	0.99	0.99	1.05
15	1.67	1.80	2.00	90	0.97	0.97	1.03
16	1.60	1.73	1.91	100	0.96	0.96	1.01
18	1.55	1.65	1.78	120	0.94	0.94	0.98
20	1.48	1.57	1.67	140	0.93	0.93	0.96
22	1.41	1.49	1.62	160	0.92	0.92	0.94

當計算汽-13級、汽-8級及汽-6級汽車荷重的等代荷重時，將表2所列等代荷重值分別用1.3, 0.8及0.6乘之即得。

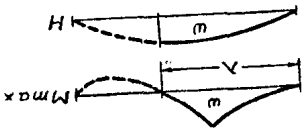
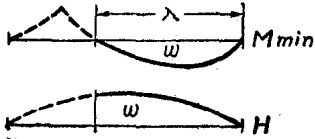
計算無鉸拱由一列汽-10級汽車荷重所引起的等代荷重將如表3、表4及表5所示。

表3 無鉸拱拱脚由一列汽-10級汽車行列所引起的等代荷重表

荷重長度 $M_{\min}$ 及其相應的 H 及 A				荷重長度 $M_{\max}$ 及其相應的 H 及 A			
							
λ	$M_{\min}$	H	A	λ	$M_{\max}$	H	A
公尺	公噸/公尺	公噸/公尺	公噸/公尺	公尺	公噸/公尺	公噸/公尺	公噸/公尺
5	3.07	1.17	1.44	5	3.32	2.59	0.64
6	2.57	1.00	1.20	6	2.77	2.16	0.53
7	2.22	1.86	1.21	7	2.37	1.85	0.46
8	2.06	1.57	1.42	8	2.17	1.90	0.51
10	1.78	1.19	0.97	10	1.89	1.61	0.30
12	1.61	0.94	0.95	12	1.75	1.66	0.49
14	1.56	1.81	1.12	14	1.59	1.41	0.41
16	1.56	1.41	1.00	16	1.56	1.52	0.45
20	1.42	1.09	0.82	20	1.47	1.33	0.38
24	1.27	0.87	0.69	24	1.30	1.02	0.25
28	1.14	0.71	0.59	28	1.19	0.91	0.22
32	1.07	1.25	0.69	32	—	—	—
36	—	—	—	36	1.10	0.90	0.18
40	0.99	0.91	0.57	40	1.14	1.09	0.16

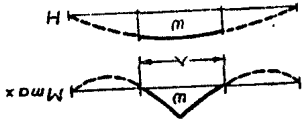
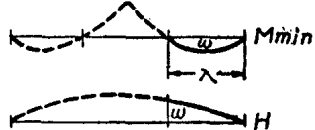
附註：在計算支點反力 A 時，表內相當於彎矩影響綫的荷重長度的等代荷重值，應乘以跨徑之半數

表 4 无鉸拱跨徑 $\frac{1}{4}$ 处由一列汽-10 級汽車行列所引起的等代荷重表

荷重長度 $M_{\max}$ 及其相应的 H			荷重長度 $M_{\min}$ 及其相应的 H		
					
λ	$M_{\max}$	H	λ	$M_{\min}$	H
公尺	公吨/公尺	公吨/公尺	公尺	公吨/公尺	公吨/公尺
5	5.00	2.50	5	3.32	2.88
6	4.18	2.08	6	2.72	2.40
7	3.60	1.78	7	2.37	2.05
8	3.14	1.56	8	2.17	2.10
10	2.63	1.34	10	1.89	1.79
12	2.25	1.16	12	1.73*	1.66
16	1.74	0.92	16	1.52	1.60
20	1.61	1.84	20	1.56	1.60
24	1.51	1.50	24	1.47	1.48
28	1.47	1.32	28	1.32	1.18
32	1.38	1.15	32	1.19	1.00
40	1.25	0.95	40	1.10	1.00
				1.14	1.10

* 上边的等代荷重值是用于向上的直綫插入之用,而下边的等代荷重值是用于向下的直綫插入之用

表 5 无鉸拱拱頂由一列汽-10 級汽車行列所引起的等代荷重表

荷重長度 $M_{\max}$ 及其相应的 H			荷重長度 $M_{\min}$ 及其相应的 H		
					
λ	$M_{\max}$	H	λ	$M_{\min}$	H
公尺	公吨/公尺	公吨/公尺	公尺	公吨/公尺	公吨/公尺
2.7	7.88	4.06	3.65	4.46	3.86
4.05	4.97	2.95	5.46	2.98	2.56
5.45	3.70	2.34	7.3	2.33	1.96
6.75	3.16	1.92	9.13	2.02	1.64
8.10	2.51	1.63	11.0	1.76	1.42
10.8	2.19	1.24	14.6	1.57	1.66
13.5	1.84*	1.00*	18.2	1.52	1.40
16.2	1.87	1.67	21.85	1.39	1.22
21.6	1.76	1.42	29.2	1.20	0.98
27.0	1.53	1.09	36.5	1.11	1.00
32.5	1.37	0.88	43.8	1.05	1.08
43.2	1.21	0.74	58.3	0.97	0.92
	1.10	0.79			

* 上边的等代荷重值是用于向上的直綫插入之用,而下边的等代荷重值是用于向下的直綫插入之用

拖拉机荷重： 桥梁如有放行拖拉机的需要时，除用汽車行列荷重計算外，并应用拖拉机荷重加以驗算。拖拉机的荷重有二种：一为 30 公吨者，用拖-30 表示之，有两条履帶，每条履帶長 4 公尺，寬 0.5 公尺，履帶中心距离 2.5 公尺。一为 60 公吨者，用拖-60 表示之，履帶長 5 公尺，寬 0.7 公尺，履帶中心距为 2.6 公尺。无论桥面为單車道或双車道，驗算时只假定單一拖拉机行駛桥上。拖拉机应在桥上縱向移动，其中心綫应与桥梁中心綫平行，其位置以能使所計算的部分发生最大应力为准。拖拉机在桥面上横向位置，应使其履帶外緣与緣石或人行道內緣的距离不小于 25 公分。拖拉机荷重如表 6 所示。

表 6 拖拉机荷重表

名 称	單 位	拖 拉 机 荷 重	
		拖-60	拖-30
拖拉机全重	公吨	60.0	30.0
履帶輪荷重	公吨/公尺	6.0	3.75
履帶数	条	2	2
履帶着地長度	公尺	5.0	4.0
履帶寬度	公尺	0.7	0.5
履帶輪中心距离	公尺	2.6	2.5

用拖拉机荷重驗算时，亦可用等代荷重代替之。用三角形影响綫換算由拖拉机荷重所引起的等代荷重值如表 7 所示。

表 7 由拖拉机荷重所引起的等代荷重表

跨徑或荷重長度 (公尺)	荷 重 (公吨/公尺)		跨徑或荷重長度 (公尺)	荷 重 (公吨/公尺)	
	拖-60	拖-30		拖-60	拖-30
1	12.000	7.500	18	5.746	2.963
2	12.000	7.500	20	5.250	2.700
3	12.000	7.500	22	4.836	2.479
4	12.000	7.500	24	4.476	2.292
5	12.000	7.200	26	4.176	2.130
6	11.664	6.667	28	3.906	1.990
7	11.020	6.122	30	3.666	1.867
8	10.314	5.625	32	3.456	1.758
9	9.630	5.185	36	3.102	1.574
10	9.000	4.800	40	2.814	1.426
11	8.430	4.463	50	2.280	1.152
12	7.914	4.167	60	1.916	0.967
13	7.458	3.905	70	1.656	0.833
14	7.044	3.674	80	1.452	0.731
15	6.666	3.467	90	1.296	0.652
16	6.330	3.281	100	1.170	0.588

附註：表上所列等代荷重值是由二个履帶所引起的

表 8 中-10 級标准活荷重用三角形影响綫換算得的等代荷重表

荷重長度 (公尺)	中-10 級标准活荷重所引起的等代荷重 (公吨/公尺)				
	端 部	$\frac{1}{8}$ 处	$\frac{1}{4}$ 处	$\frac{3}{8}$ 处	$\frac{1}{2}$ 处
	K0	K 0.125	K 0.25	K 0.375	K 0.5
1	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
2	13.75	12.57	11.00	11.00	11.00
3	11.00	10.48	9.78	8.80	8.25
4	10.31	9.43	8.25	7.70	8.25
5	9.24	8.67	7.92	7.57	7.92
6	8.33	7.86	7.33	7.11	7.33
7	8.16	7.29	6.94	6.86	6.94
8	7.83	7.14	6.88	6.75	6.88
9	7.52	6.89	6.71	6.59	6.67
10	7.26	6.65	6.53	6.38	6.42
12	6.84	6.25	6.18	6.09	5.96
14	6.52	5.95	5.88	5.81	5.69
16	6.26	5.71	5.63	5.54	5.43
18	6.06	5.59	5.47	5.34	5.19
20	5.89	5.47	5.34	5.20	5.02
25	5.58	5.22	5.05	4.87	4.67
30	5.36	5.03	4.85	4.67	4.52
35	5.21	4.87	4.71	4.52	4.44
40	5.08	4.78	4.59	4.44	4.38
45	4.96	4.68	4.48	4.39	4.33
50	4.84	4.58	4.39	4.31	4.27
60	4.63	4.39	4.23	4.16	4.11
70	4.46	4.23	4.03	4.02	3.96
80	4.31	4.09	3.96	3.89	3.82
90	4.19	3.98	3.86	3.78	3.70
100	4.09	3.88	3.77	3.69	3.60
110	4.01	3.80	3.69	3.60	3.51
120	3.94	3.72	3.62	3.53	3.43
140	3.82	3.61	3.51	3.42	3.32
160	3.73	3.53	3.43	3.32	3.24
180	3.65	3.46	3.36	3.25	3.19
200	3.59	3.41	3.30	3.21	3.15