

鋼筋混凝土桥梁 計祿实例

(教学参考書)

A.B. 帖朴利茨基 A.H. 施波夫 著

程庆国 合譯
郭可璽

人民交通出版社

鋼筋混凝土桥梁 計算实例

(教学参考書)

A. B. 帖朴利茨基 A. H. 施波夫著

程庆国 合譯
郭可湮

人民交通出版社

本書敘述鐵路和公路鋼筋混凝土橋計算實例，同時介紹了橋梁結構的簡算程序和方法。此外，還附有以各種方法驗算橋跨結構尺寸的圖式。

本書可作為公路和鐵道學院道路橋梁系的數學參考書，也可供公路、鐵路工程技術人員學習參考。

鋼筋混凝土橋梁計算實例

А. В. ТЕПЛИЦКИЙ, А. Н. ШИПОВ

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

(Учебное пособие)

ЛЕНИНГРАД
1956

本書根據蘇聯煤礦技術出版社1956年列寧格勒俄文版本譯出

程慶國 郭可澗 合譯

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版營業許可証出字第〇〇六號

新華書店發行

人民交通出版社印刷廠印刷

1959年5月北京第一版 1959年5月北京第一次印刷

開本：850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張：6 $\frac{1}{2}$ 插頁1張

全書：218,000字 印數 1—3200冊

統一書號：15044-1293

定價(10)：1.10元

目 录

序言	2
所用符号	4

铁路桥計算实例

梁式桥	5
薄腹板連續梁桥跨結構	39
拱桥	60
預应力鋼筋混凝土桥跨結構	84

公路桥計算实例

梁式桥	103
預制块組成的公路桥跨結構	132
鋼筋混凝土剛架跨綫桥	137
薄板拱桥 跨 結構	163

附录

材料重量与等效荷載 (根据桥梁設計技术規范 TУПМ-47)	175
鋼筋混凝土結構中的容許应力 (根据桥梁設計技术規范 TУПМ-47)	177
材料重量与等效荷載	178
图式 H-10 单 列卡車在不同影响綫形状下的等效荷載	186
鋼筋混凝土建筑物中混凝土的容許 应力 (公斤/平方公分) (根据公用事业部技术規范 TУМХХ-1948)	187
周边支承板計算表	188
双跨連續梁图式	190
无鉸拱之簡算資料	196
T形梁慣性力矩計算图表	200
矩形板或梁的应力計算表 ($n=15$)	201
单列电車的等效荷載 (吨/公尺)	204
关于应用变截面鋼筋問題	205

序 言

在1954年8月30日苏联部长會議和苏联共产党中央委员会关于改进高等院校培养专家工作的決議中，曾指出必須改进課程实习，并給予学生們以独立工作的最大可能性。

为了創造良好的条件，借以发展学生們的創造性，并尽量发挥他們在課业中的独立思考起見，桥梁教研室扩大了課程設計的选题范围，并使之接近实际情况；在課程設計中将采用各种不同的建筑体系和形式、应用新型构造等等。

但是实践証明，課程設計选题的扩充，常常因缺乏有关各种結構的計算方法和程序的必要資料而受到阻碍。

如众所知，跨徑18公尺以下的永久性大型建筑应以鋼筋混凝土为主要材料，并且按照《建筑中節約金屬、水泥和木材的技术规范》，应用鋼料是被禁止的。在許多場合下，修建中跨徑甚至是大跨徑的鉄路和公路桥梁时，鋼筋混凝土亦能和鋼料相媲美。

在1954年8月公布的苏联部长會議和苏联共产党中央委员会的联合決議中要求进一步推广拼装式鋼筋混凝土桥跨結構的应用。在最近两年內，将建成生产拼装式鋼筋混凝土桥涵的新企业，其总能力为年产15400延公尺桥梁和三百萬延公尺涵管。

鋼筋混凝土桥梁結構具有許多不同的体系和形式。

在課程实习上，由于時間的限制，只能研究一种或两种最通用的結構的計算程序和方法。

本書出版的目的在于給予学生們一系列的鉄路和公路鋼筋混凝土桥梁結構的簡算程序和方法，借以扩大他們的視野，加深这一方面的知識，发挥他們在桥梁設計上的創造性的技能。

書中列举了某些參考資料，以便节省学生們參考資料的查閱時間，而用之于創造性的工作中。

在叙述时，作者尽量使每一例題中的桥梁或桥跨結構作为整体进行，但同时又尽可能援引前面例題中已有的資料，以免重复。

例題都是用数字表明的，因为这样可以使每一个問題都能得到具体的解

答。

熟悉这些例题可以使学生们完全掌握各种结构的计算程序，并帮助他们正确验算所造结构的尺寸。如果在计算中应用字母来表明结构尺寸、计算荷载等等，则实际价值无疑地将会降低，并可能导致机械地将数字套入公式的弊病。

同样地可以看出，学生们成绩的好坏及其独立思考的程度和教学法的优劣有很大关系。在正确教学的情况下，实例只能促进教学过程的改进。

在利用这些实例时，必须记住它们是设计资料，而不是范本。完全允许应用其他的计算方法。

与桥梁结构有关的一些问题，应在阅读课本并分析批判各种不同方案的基础上加以解决。

本书可作为学习桥梁课程的桥梁系和建筑系学生的参考书。

“桥梁隧道”教研室主任 К.Г. 普洛塔索夫
技术科学博士、教授

所用符号

梁的总高度	h
梁或板的計算高度	h_1
不計梗腋在內的板厚	d
包括梗腋在內的板厚	d_1
梁或板的計算寬度	b
梁梗的寬度	b_1
受拉鋼筋的截面积	f_e
受压鋼筋的截面积	f'_e
配筋率	μ
从截面受拉邊緣到受拉鋼筋重心的距离	a
从截面受压邊緣到受压鋼筋重心的距离	a'
从截面受压邊緣到中性軸的距离	z
在板或梁截面中的內力偶臂长	z_1
从中性軸到截面受压中心的距离	y
均布恆載	g
均布活載	p
均布計算荷載	q
集中荷載	P
冲击系数	$1+\mu$
淨跨徑	l_0
計算跨徑	l
全长度(一孔桥跨結構的或者全桥的)	L
欄杆之間的桥寬	B
填土高度	H
混凝土受压应力	σ_0
鋼筋受压应力	σ'_e
鋼筋受拉应力	σ_e
鋼筋和混凝土的彈性模量之比	n

铁路桥计算实例

梁 式 桥

基 本 数 据

一座三跨梁式铁路正线桥，其结构为上承式道渣桥面的整体钢筋混凝土桥跨结构（图 1）。桥台和桥墩是建筑在天然基底上的粗石混凝土实体。

结构的基本尺寸如下：

全桥总长 $L=46.45$ 公尺；

计算跨径 $l=10.8$ 公尺；

栏杆间宽度 $B=4.9$ 公尺；

填土高度 $H=6.0$ 公尺；

计算活载—— $H-8$ 。

计算时，是以《铁路正线桥涵设计、修复及建筑技术规范》（ТУИМ-47）和《在钢筋混凝土大型建筑结构中应用热轧变截面钢筋的指示》为指导的。

I 桥 跨 结 构

钢筋混凝土桥跨结构是梗式结构，具有两片主梁，用四块隔墙联结在一起。

混凝土标号为 $M-250$ 级，钢筋为 $C\tau-5$ 热轧变截面钢筋（国家标准 5781—51）。

桥跨结构的基本尺寸如下：

全长 $L=11.5$ 公尺；

计算跨径 $l=10.8$ 公尺；

主梁中心距离—2.10 公尺。

桥跨的横截面示于图 2。

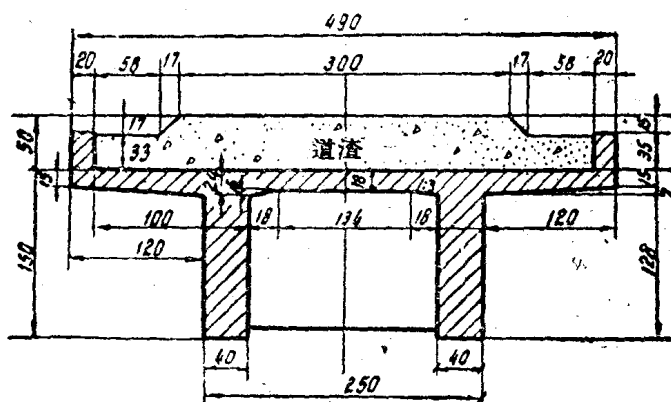


图 2

A. 桥面板(梗間)

§1 計算图式和基本尺寸

桥面板支承于桥跨结构的主梁和隔墙上。主梁間的淨距为1.70公尺，隔牆間則为3.40和3.45公尺。在此板的边缘长度之比 $\frac{3.40}{1.70} = 2$ 时，可忽视相离甚远的隔牆对板的工作所起的极微影响，而将板当作仅支承于桥跨结构主梁上的梁式体系来计算(技术规范§203)。

考虑到板在主梁中的嵌固情况，计算跨徑可假定主梁梗間淨距加上板的厚度(技术规范§204)。板厚采用 $d=18$ 公分，计算跨徑为：

$$l = b_0 + d = 1.70 + 0.18 = 1.88 \text{ 公尺。}$$

在和板的计算跨徑相垂直的方向(即沿桥跨的方向)，取1公尺来研究，并且以后的全部计算都像计算1公尺宽的板那样进行。

§2 荷 載

恒載是根据技术规范§67节表6中所列材料重量计算的(附录1)。当板寬为1公尺时，每延公尺板长的恒載为：

0.5公尺厚的道渣层和部分路面

$$2.0 \times 0.5 = 1.00 \text{ 吨/公尺；}$$

0.18公尺厚的板自重

$$2.5 \times 0.18 = 0.45 \text{ 吨/公尺。}$$

恒載总计 $g = 1.45 \text{ 吨/公尺。}$

活載按1931年 H-8 图式計算:

機車单軸的压力 $P = 3.5 \times 8 = 28 \text{ 吨。}$

单軸压力在桥跨方向, 亦即与板跨相垂直的方向假定分布在 1.2 公尺长度上 (图 3)。在这里不仅考虑了通过道渣傳遞压力, 而且也考虑了鋼軌能將一部分荷載傳至鄰近軌枕上去的分布作用。

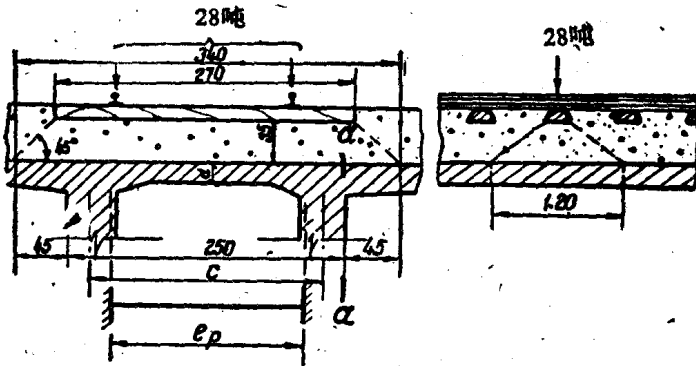


图 3

活載在順沿板跨方向 (亦即和桥跨相垂直的方向) 系分布在 3.4 公尺长度上。其中考虑了軌枕长度 2.7 公尺和在道渣层中傳遞压力的角度为 45° 。

当板寬为 1 延公尺时, 板上每公尺长度的活載强度为:

$$P = \frac{P}{1.2 \times 3.4} = \frac{28}{1.2 \times 3.4} = 6.86 \text{ 吨/公尺。}$$

在計算板时, 活載所用冲击系数应为 (技术规范 § 73):

$$1 + \mu = 1 + \frac{12}{20 + l},$$

式中: l ——为板的計算跨度。在本例題中:

$$1 + \mu = 1 + \frac{12}{20 + 1.88} = 1.548.$$

計算荷載为:

$$q = g + P(1 + \mu) = 1.45 + 6.86 \times 1.548 = 12.07 \text{ 吨/公尺。}$$

§ 3 內 力

应在路徑中心載面和支座截面中求取弯矩, 而橫切力則仅須在支座截面

中求取。

假若板像自由支承在两个支点上的梁那样工作时，则由于计算荷载的作用在跨径中心截面上产生的弯矩将等于：

$$M_0 = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{12.07 \times 1.88^2}{8} = 5.33 \text{ 吨公尺。}$$

在支座截面上的弯矩则等于零。

由于板和主梁是联成整体的，所以跨径中心处的计算弯矩可假定为自由支承板时所算得的弯矩之半（技术规范 §204），亦即：

$$M_{cp} = 0.5 M_0 = 0.5 \times 5.33 = 2.66 \text{ 吨公尺。}$$

支座截面处的负弯矩则假定为自由支承板时在跨径中心处算得的弯矩之 0.7 倍，亦即：

$$M_{on} = -0.7 M_0 = -0.7 \times 5.33 = -3.73 \text{ 吨公尺。}$$

支承截面上的横切力可像自由支承板一样，按下列公式确定：

$$Q = \frac{q \times l}{2} = \frac{12.07 \times 1.88}{2} = 11.35 \text{ 吨。}$$

§4 跨径中心截面上的法向应力

板厚和钢筋的数量以及直径，应事先根据实际资料或按现成公式、图表进行初步估算的结果确定，然后进行应力的核算。

在跨径中心处板的计算截面示于图 4。

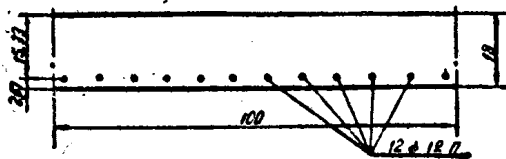


图 4

板厚 $d = 18$ 公分，截面的计算宽度 $b = 100$ 公分。

保护层 2 公分。钢筋采用 $12\phi 12 \text{ II} \text{ ①}$ 。板厚、钢筋直径及其数量要符合技术规范（§238 及 §239）的要求；即在道渣槽下板厚不小于 15 公分每延公尺宽的钢筋数量不少于 5 根，以及钢筋的直径不小于 12 公厘。板截面的工作高度为：

$$h_1 = d - a = 18 - 2 - \frac{1.35}{2} = 15.33 \text{ 公分。}$$

① 用以表示 12 根 №12 变截面钢筋的符号。

(变截面钢筋 №12 的外徑 = 13.5 公厘)。

鋼筋截面积 $f_e = 13.58$ 平方公分。

配筋率为:

$$\mu = \frac{f_e}{b \times h_1} \times 100 = \frac{13.58 \times 100}{100 \times 15.33} = 0.886\%。$$

徑截面受压边缘 (此处即为板頂) 到中性軸的距离可按下列公式求出:

$$x = \frac{n \times f_e}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bh_1}{nf_e}} \right)$$
$$= \frac{10 \times 13.58}{100} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 100 \times 15.33}{10 \times 13.58}} \right) = 5.22 \text{ 公分。}$$

內力偶臂长为:

$$z = h_1 - \frac{x}{3} = 15.33 - \frac{5.22}{3} = 13.6 \text{ 公分。}$$

法向应力:

在混凝土中为:

$$\sigma_b = \frac{2M}{bxz} = \frac{2 \times 266,000}{100 \times 5.22 \times 13.6}$$
$$= 75 \text{ 公斤/平方公分} < 85 \text{ 公斤/平方公分};$$

在鋼筋中为:

$$\sigma_e = \frac{M}{f_e z} = \frac{266,000}{13.58 \times 13.6}$$
$$= 1440 \text{ 公斤/平方公分} < 1500 \text{ 公斤/平方公分。}$$

§ 5 板在支承截面上的应力

支承处板的截面示于图 5。

支承处板厚 $d = 24$ 公分。

計算寬度 $b = 100$ 公分。

鋼筋用 12Ø12II; $f_e = 13.58$ 平方公分。

截面的計算高度 $h_1 = 21.33$ 公分。

$$\text{配筋率 } \mu = \frac{13.58 \times 100}{100 \times 21.33} = 0.64\%。$$

$$x = \frac{10 \times 13.58}{100} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 100 \times 21.33}{10 \times 13.58}} \right)$$
$$= 6.38 \text{ 公分};$$

$$z = h_1 - \frac{x}{3} = 21.93 - \frac{6.38}{3} = 19.2 \text{ 公分};$$

$$\sigma_b = \frac{2 \times 373,000}{19.2 \times 6.38 \times 100} = 61 \text{ 公斤/平方公分} < 85 \text{ 公斤/平方公分};$$

$$\sigma_c = \frac{373,000}{19.2 \times 13.58} = 1430 \text{ 公斤/平方公分} < 1500 \text{ 公斤/平方公分}。$$

剪应力为:

$$\tau = \frac{Q}{b \times z} = \frac{11350}{100 \times 19.2}$$

$$= 5.9 \text{ 公斤/平方公分} < 6.7 \text{ 公斤/平方公分}。$$

所有应力之值均未超过标号M-250混凝土的容许应力值，无须设置钢筋和斜筋（技术规范表19第4项）。

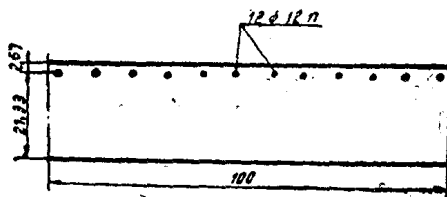


图 5

B. 板的悬臂部分

§1 由恒载产生的内力

在和悬臂相垂直的方向取出一公尺进行计算。

在悬臂嵌固处（截面 α-α）的内力（见图 3）。

顺号	各部分重量	重量 (吨)	臂长 (公尺)	截面 α-α 上的力矩 (吨公尺)
1	在 100 公分长度上道渣厚 33 公分 0.33 × 1.0 × 2.0	0.660	0.50	0.33
2	在 17 公分长度上道渣厚度由 33 公分至 50 公分 0.5 × 0.17 × 0.17 × 2.0	0.029	0.31	0.01

3	同上,但在25公分长度上 $0.17 \times 0.25 \times 2.0$	0.085	0.12	0.01
4	板厚15公分,长120公分 $0.15 \times 1.2 \times 2.5$	0.450	0.60	0.27
5	板厚达22公分 $0.5 \times 0.07 \times 1.20 \times 2.5$	0.105	0.40	0.04
6	板缘 $0.20 \times 0.35 \times 2.5$	0.175	1.1	0.19
7	栏杆.....	0.05	1.2	0.06
合 計		$Q=1.55$		$M=0.91$

§ 2 由活載产生的內力

活載所产生的压力强度和在計算主梁間的板部分时相同:

$$p_1 = 6.86 \times 1.548 = 10.60 \text{ 吨/公尺.}$$

荷載分布于悬臂部分的长度为(见图3):

$$a = \frac{3.40}{2} - 1.25 = 0.45 \text{ 公尺.}$$

活荷載产生的横切力和弯矩为: $Q = 10.60 \times 0.45 = 4.77 \text{ 吨.}$

$$M = \frac{p_1 \times a^2}{2} = \frac{10.6 \times 0.45^2}{2} = 1.07 \text{ 吨公尺.}$$

除活荷載外,在計算悬臂时还須考慮到道渣卸在悬臂上的可能性。这一荷載的强度可假定为 $p_2 = 1 \text{ 吨/平方公尺}$ (技术规范 § 77)。

由这一荷載产生的横切力及弯矩为: $Q = p_2 \times 1.20 = 1.0 \times 1.2 = 1.2 \text{ 吨.}$

$$M = \frac{p_2 \times 1.2^2}{2} = 0.72 \text{ 吨公尺.}$$

恒載和活載所产生的計算內力为:

$$Q = 1.55 + 4.77 + 1.2 = 7.52 \text{ 吨}$$

$$M = 0.91 + 1.07 + 0.72 = 2.70 \text{ 吨公尺.}$$

§ 3 在悬臂嵌固截面上的应力

嵌固处的板厚 $d = 22 \text{ 公分.}$

$$h_1 = 22 - 2 - 0.675 = 19.33 \text{ 公分;}$$

$$b = 100 \text{ 公分;}$$

鋼筋: $9\phi 12$ 。

$f_c = 10.18$ 平方公分;

$$\mu = \frac{10.18 \times 100}{100 \times 19.33} = 0.526\%;$$

$$x = \frac{10 \times 10.18}{100} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 100 \times 19.33}{10 \times 10.18}} \right)$$

$$= 5.34 \text{ 公分};$$

$$z = 19.33 - \frac{5.34}{3} = 17.55 \text{ 平方公分};$$

$$\sigma_B = \frac{2 \times 270,000}{100 \times 17.55 \times 5.34} = 58 \text{ 公斤/平方公分} < 85 \text{ 公斤/平方公分};$$

$$\sigma_c = \frac{270,000}{17.55 \times 10.18}$$

$$= 1511 \text{ 公斤/平方公分} < 1.05 \times 1500 \text{ 公斤/平方公分}.$$

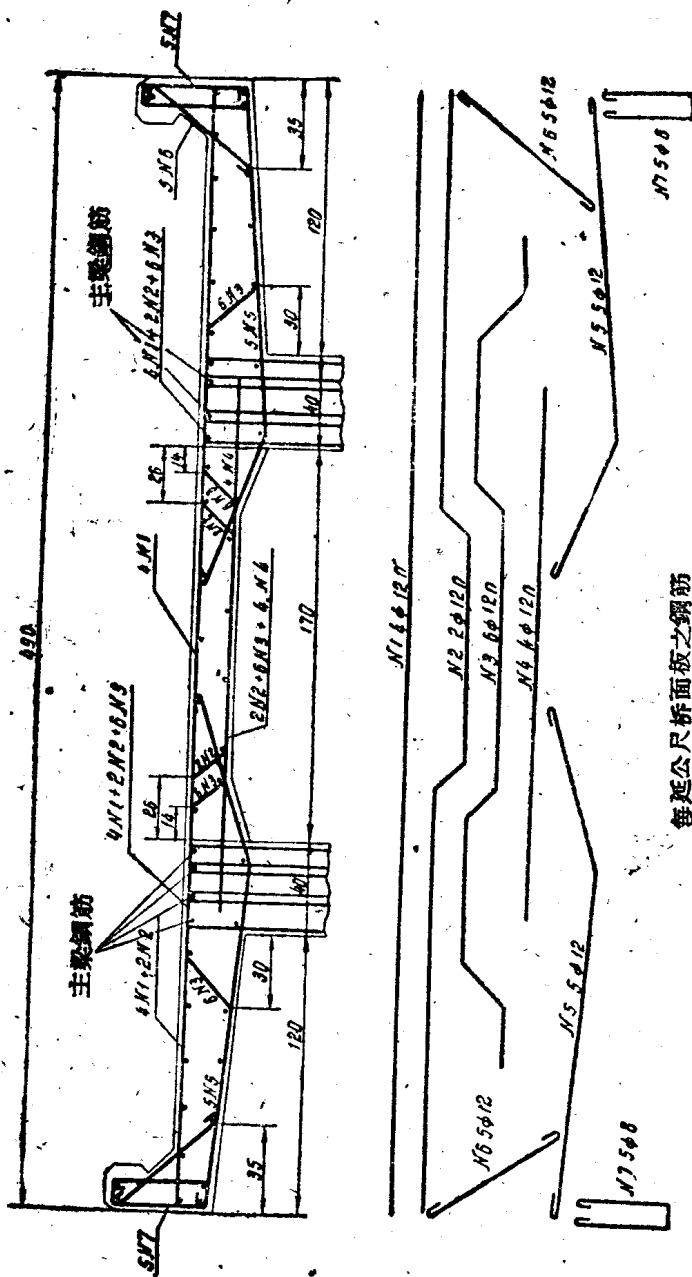
剪应力为:

$$\tau = \frac{Q}{b \times z} = \frac{7520}{100 \times 17.55}$$

$$= 4.30 \text{ 公斤/平方公分} < 6.7 \text{ 公斤/平方公分}.$$

板的配筋 在图 6 上表明板的配筋情况: 梁梗上的頂部鋼筋数由板的支承截面所必需的数量来确定。虽然在該截面上按計算只需 9 根鋼筋, 但由于构造上的緣故, 这 12 根鋼筋全部通到悬臂嵌固处。在跨徑中心的 12 根底部鋼筋中, 三分之一 (而且在每延公尺上不少于 3 根——(技术规范 §239)) 应该通到理論支点; 在本例中有 4 根鋼筋通到支点。其余 8 根底部鋼筋向上弯起而成为支承截面上 12 根頂部主鋼筋的一部分; 4 根頂部鋼筋并无弯折, 全部通过桥寬。

分布鋼筋的直徑不应小于 8 公厘; 这种鋼筋和主鋼筋相垂直, 在所有的鋼筋弯折地段均应布置, 而在直綫地段中每延公尺也不得少于 4 根 (技术规范 §240)。板可以按支承于主梁的梁一样計算。但是在实际上板还支承于橫向隔牆上, 所以在板和牆的連接处因构造上的緣故尚須設置和隔牆相垂直的直徑 8 公厘的頂部鋼筋, 其数量为每延公尺不得少于 5 根 (技术规范 §243)。



每延公尺桥面板之钢筋

图 6