

多层房屋中無柱帽的 鋼筋混凝土無梁樓蓋

A. Д. 格罗荷夫斯基著

建筑工程出版社

多層房屋中無柱帽的
鋼筋混凝土無梁樓蓋

童岳生 劉志鴻 譯

建筑工程出版社出版

• 1958 •

內容提要 本書主要闡明居住房屋及工業房屋中無柱帽的無梁樓蓋結構方案的研究結果。書中載有這類結構的計算方法，以及在建造裝配式的和整體式的這類鋼筋混凝土樓蓋時有關設計特點與施工特點方面的一些資料。

本書供建築工程師參考。

原本說明

書名 ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ БЕЗБАЛОЧНЫЕ БЕСКАПИТЕЛЬНЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ ДЛЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

著者 А. Д. Глуховский

出版者 Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре

出版地點及年份 Москва—1956

多層房屋中無柱帽的

鋼筋混凝土無梁樓蓋

童岳生 劉志鴻 譯

*

建築工程出版社出版 (北京市東城門外兩處土廠)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第052號)

建築工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號 618 45 千字 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張 $2\frac{1}{4}$

1956年3月第1版 1956年3月第1次印刷

印數：1—2,180冊 定價：(10) 0.36元

目 录

前 言	4
第一章 无柱帽的无梁楼盖	5
第二章 弹性網法	10
第三章 弹性網法对計算无柱帽的无梁楼盖的应用	19
第四章 用替代框架法計算无柱帽的无梁楼盖	33
第五章 无柱帽的无梁楼盖的施工方法	58

前 言

科学技术副博士 A. И. 格罗荷夫斯基的这一著作,叙述关于制订多层居住及工业房屋新结构方案——无柱帽的无梁楼盖——的一些研究结果。

在建筑中采用无梁形式的楼盖是合理的,因为天棚表面平整,有可能更好地来进行住户的及生产房间的平面布置、能比较方便而经济地来设置卫生管道和电气管道、能够简化内部粉刷工程并降低其费用。

根据作者的理论研究以及在苏联与国外建造无梁楼盖的实践,在本书中列叙了对新结构方案及其施工方法的评价。这一评价的正确性;当在设计及施工实践中采用所建议的结构方案时是能够得出最后的结论的。

本书印行的目的,就是要促使这类结构能够见诸实施。

蘇聯建築科學院建築技術研究所

第一章 無柱帽的無梁樓蓋

在發展及改建我國大城市與工業中心的計劃中，各種用途的多層房屋的建築占有顯著的地位。這些多層房屋就是住宅、商店、辦公樓以及生產人民消費品的工業企業等等。對於這種形式的建築來說，房屋骨架及樓蓋的設計與建造問題具有很大的意義。樓蓋及骨架結構是基本的承重部分，而我們知道，這些結構決定着整個建築物的強度、剛度及耐久性，同時也決定着建築物的用鋼數量，並且在很大程度上決定着建築造價。

在多層房屋這樣一類建築物中，鋼筋混凝土因具有人所共知的優良性質而被廣泛地應用着，就許多方面而言，它已成為一種不可替代的材料。此外，在這些房屋中，因為跨度不大，並且一般是柱網相同、各層的高度相等、建築物的長度很大以及房屋中各單獨構件具有高度的重複性，這一切也都促使鋼筋混凝土在上述建築中應用成效卓著。

自從出現鋼筋混凝土結構以來，工程師們的注意力就始終集中在如何降低這類結構的自重這一問題上，而且研究工作是按下述兩個途徑進行的：降低混凝土的體重；但主要的是求得材料用量最少而且能得到充分而合理利用的結構形式。

然而必須注意到，鋼筋混凝土結構自重的降低，常常會引起結構形式的複雜化，而這種複雜化會使得製造費工、造價提高。除此以外，結構形式的複雜化還往往使得建築物的靜力計算具有很大的不穩定性。

由此可知，決不能僅從鋼筋混凝土結構的重量指標來判斷它。

們是否合理。要比較正確地判斷某一結構方案的優劣，還必須同時對主要材料的用量加以比較，對靜力計算的各種可能的方法進行分析，對結構的施工方式、勞動量與建造價格作出比較。

將結構設計成不連續的以及將連續結構的計算方法加以簡化，都會在一定程度上增加鋼筋混凝土骨架以及樓蓋的重量。裝配式鋼筋混凝土結構一般都設計成由相互之間沒有聯結的自由支承構件所組成的體系。在計算連續結構時可不考慮結構在各个方面的工作。所有這些設想及假定，在許多情況下會使得材料浪費、結構加重以及結構的效率降低。

為了要在多層房屋建築中顯著地降低鋼筋混凝土結構的自重，並從而大大地提高它們的效率起見，對這些房屋必須創立出足夠簡單的新結構形式，使在這種形式的結構中“不工作”的混凝土的數量減至最少；同時必須使結構構件的跨度及斷面尺寸定型化，以及制訂新的工業化的施工方法。

在上面所列举的各種用途的多層房屋中，一般是採用鋼筋混凝土的梁式樓蓋。

但是應當指出，無梁樓蓋較梁式結構具有一些無可置疑的優點：平整的天棚表面能使房間的平面布置更為合理以及能將隔牆安裝於樓蓋的任何地方；因為沒有突出的梁，故不必採用昂貴的裝飾或者複雜的粉刷；有可能獲得比較簡單的接頭，同時在以後將樓蓋加以整體聯結，則有可能將樓蓋作為連續結構來計算；創造了在製備及安裝樓蓋方面節約勞動力及減少費用的某些條件。然而在普通的無梁結構中，柱頂具有蓴狀的擴大部分（柱帽），這樣就沒有可能將這種形式的樓蓋用於民用建築中，並且在其他用途的房屋中樓蓋的製備及安裝也具有很大的困難。此外，在普通形式的無梁樓蓋中有許多材料是多余的，因為這時整個板均是用同一標號的混凝土做成並且在全部樓蓋中板的厚度相等。因此問題在於，

对于上述用途的房屋应当建造这样一种形式的楼盖：在这种楼盖中保持着无梁结构的所有优点而同时又沒有上面所指出的一些缺点，也就是說这种楼盖沒有柱帽；并且再用减少部分混凝土的方法而使楼盖得以減輕。

图 1~3 中所示的三个无梁楼盖的结构图式可满足这些要求。

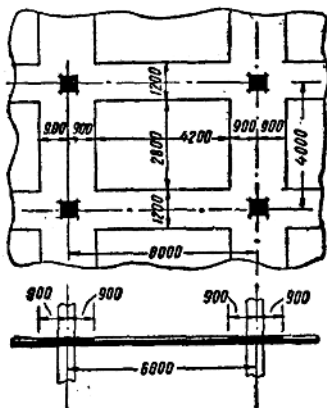


图 1 無柱帽的無梁樓蓋
(平滑天棚方案)

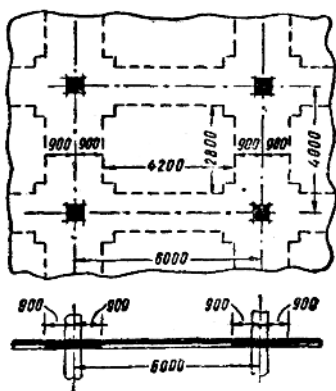


图 2 無柱帽的無梁樓蓋
(井式天棚方案)

在列举出的所有各个楼盖的结构图式中，无梁板是直接支承于沒有柱帽的柱子上，而柱子是位置于矩形区格的角頂处。

在图 1 及图 2 所示之无梁楼盖的结构图式中，板厚是变化着的。在区格的中部，根据将板作为連續弹性薄板所計算得的弯矩及切力的数值而将板厚减少一半。这时，在第一个图式(图 1)中由于厚度减小而形成的台阶是在板上，而在第二个图式(图 2)中則在板下。在第一个图式中天棚是平整的，这就使得設計者有可能灵活地进行内部的房間平面布置。当鋪設地面时，将楼板中并不

算深的凹下部分用爐渣或其他輕質材料加以填平，这样同时又提高了楼盖的隔音性能。在第二个結構图式(图 2)中天棚是一种不深的井式結構，这不仅无损于房間的内部风格，相反地为天棚的美丽的建筑裝飾創造了前提。但是，这种井式結構的存在，有如肋形楼盖中突出的梁那样而将隔牆的位置硬性固定住了，这在許多

情况下会使得内部的房間平面布置发生某些困难。

第三个无梁楼盖的結構图式(图 3)没有上述两个图式所具有的缺点。这时在板中沒有凹窪部分，而楼板重量的減輕是靠嵌入填块来获得，这类填块是由輕質混凝土(泡沫矽酸盐或其他形式的輕質骨料)所做成并在附近预先制备好。在制备楼盖构件时就将一些方形的或矩形的填块放在里面，并在一

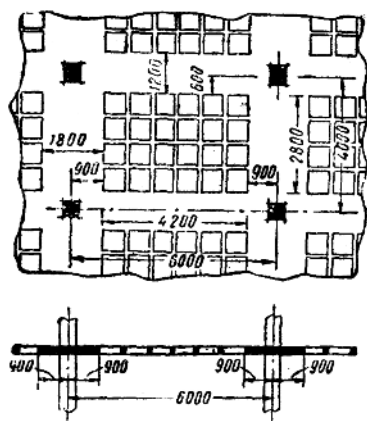


图 3 無柱帽的無梁楼盖
(輕質混凝土填块方案)

列列的填块之間放上鋼筋。在柱上板帶中是沒有填块的。这种板帶的宽度約为相应跨度的30%。

当板是由一些装配式构件而組成时(第五章)，也可采用空心結構(图 4)来減輕无梁楼盖的重量。

在第三个結構图式(图 3)中，輕質混凝土的填块也可用爐渣浮石、泡沫矽酸盐或者陶瓷块等大的碎块料来代替，在制备楼盖时将这些大的碎块料掺入板內。

无柱帽的无梁結構可以应用于多层骨架式房屋的建筑。在现在，骨架結構不仅应用于工业建筑以及高层(七层及以上)居住房

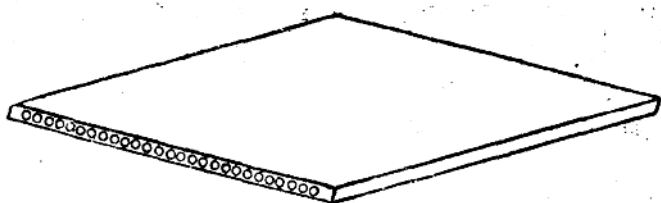


图 4 多孔空心板

屋和办公楼的建筑中，同时亦应用于中等层数而宽度为三跨及多于三跨的住宅。后面这种结构图式已被应用，并被采用为第 11 类 4~5 层住宅的定型单元设计 施 1-TC-11，这些定型设计为冶金及化学工业企业建设部国立建筑设计院所制订，并经苏联部长会议国家建设委员会于 1952 年 6 月 30 日批准。这第 11 类定型设计中的各个单元是供在俄罗斯苏维埃联邦社会主义共和国及乌克兰苏维埃社会主义共和国各城市中的建筑之用。在图 5 中示有第

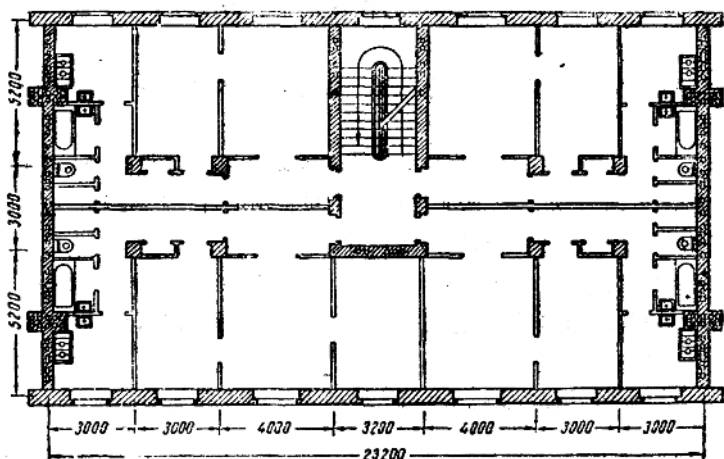


图 5 4~5 层住宅的定型单元方案

11类中一个普通单元的定型設計。当宽度为 14 公尺时,房屋在橫向具有三跨。在定型設計中规定采用承重支柱(或柱子)及梁式樓盖。但是在第 11 类定型单元設計中所采用的建筑平面布置方案,有可能在大量建筑 4~5 层的住宅时广泛地采用无柱帽的无梁结构。

在設計无柱帽的无梁樓盖时,必須对它們的計算方法作若干修正。

下面我們来討論这种樓盖的靜力計算問題。我們將闡明彈性網法及替代框架法,并叙述这些方法对于計算无柱帽的无梁樓盖的应用;同时我們將推导出簡化公式,并列出决定所有計算断面中弯矩数值的表格。此外,还将在另外一章內專門討論一下連續的无柱帽无梁樓盖的建造問題。

第二章 彈性網法

关于計算問題,我們先从弹性網法的基本原理来开始进行研究^①。

在图 6 中示有一个由两排相互垂直的弦綫所組成的網,其中一排的方向与 x 軸平行,而另一排則与 y 軸平行。 λ_x 及 λ_y 系分別表示在 x 軸及 y 軸方向的網眼尺寸。

当沒有荷重时,網是位于坐标面 xy 內。在荷重作用下,網的各个結点(即弦綫的交点)則发生位移,結点对坐标面 xy 的縱距即为位移值。

我們来討論結点 k 。設在这結点上作用着一集中荷重 P_k 。

① I. 馬尔車斯著:“彈性網理論及其在計算平板和無梁樓盖中的應用”,烏克蘭國立技術書籍出版社,1936年。

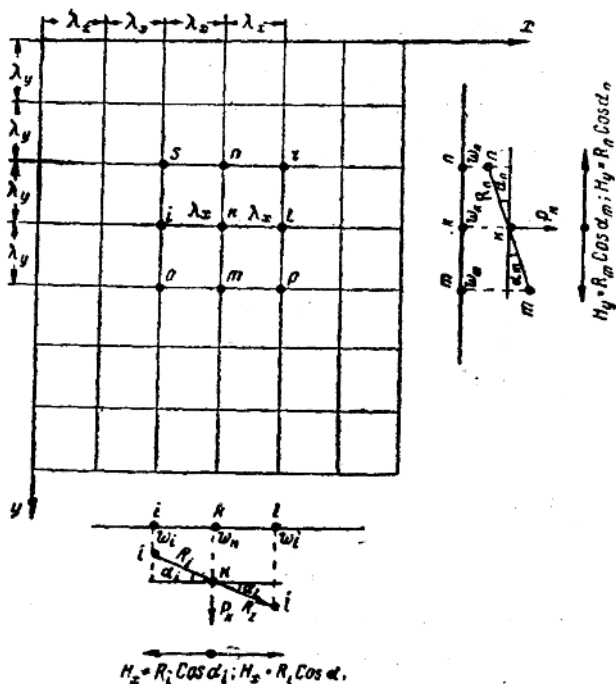


图 6 弹性网

在这一荷重的作用下, k 点发生位移 w_k 。与结点 k 紧接相邻的四个结点(结点 i, m, l, n)分别发生位移 w_i, w_m, w_l, w_n (图 6)。

结点 k 是在 5 个力的作用之下而处于平衡状态, 这 5 个力为: 垂直于坐标面 xy 而方向向下的力 P_k 以及 4 个弦线张力。我们采用下述符号来表示这些张力和倾角:

R_i ——弦线 $i-k$ 的张力;

R_m ——弦线 $m-k$ 的张力;

R_l ——弦线 $l-k$ 的张力;

R_n ——弦綫 $n-k$ 的张力;

α_i ——弦綫的新方向与 x 軸所成的夹角;

α_l ——弦綫的新方向与 x 軸所成的夹角;

α_m ——弦綫的新方向与 y 軸所成的夹角;

α_n ——弦綫的新方向与 y 軸所成的夹角。

根据結点 k 的平衡条件,可立出下述三个方程式:

$$R_i \cos \alpha_i - R_l \cos \alpha_l = 0; \text{由此 } R_i \cos \alpha_i = R_l \cos \alpha_l; \quad (\text{I})$$

$$R_m \cos \alpha_m - R_n \cos \alpha_n = 0; \text{由此 } R_m \cos \alpha_m = R_n \cos \alpha_n; \quad (\text{II})$$

$$P_k + R_l \sin \alpha_l - R_i \sin \alpha_i + R_m \sin \alpha_m - R_n \sin \alpha_n = 0. \quad (\text{III})$$

如采用符号

$$R_i \cos \alpha_i = R_l \cos \alpha_l = H_x;$$

$$R_m \cos \alpha_m = R_n \cos \alpha_n = H_y,$$

于是得

$$R_l = \frac{H_x}{\cos \alpha_l}; R_i = \frac{H_x}{\cos \alpha_i}; R_m = \frac{H_y}{\cos \alpha_m}; R_n = \frac{H_y}{\cos \alpha_n}.$$

将它們代入方程式(III),得:

$$H_x(\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg} \alpha_l) + H_y(\operatorname{tg} \alpha_n - \operatorname{tg} \alpha_m) = P_k.$$

現在对所論及的五个結点(图6),写出它們縱坐标的一次差分如下:

$$w_l - w_k = \lambda_x \operatorname{tg} \alpha_l; \quad w_k - w_i = \lambda_x \operatorname{tg} \alpha_i;$$

$$w_m - w_k = \lambda_y \operatorname{tg} \alpha_m; \quad w_k - w_n = \lambda_y \operatorname{tg} \alpha_n.$$

其次再对这五个結点写出它們縱坐标的二次差分:

$$(w_l - w_k) - (w_k - w_i) = \lambda_x(\operatorname{tg} \alpha_l - \operatorname{tg} \alpha_i);$$

$$(w_m - w_k) - (w_k - w_n) = \lambda_y(\operatorname{tg} \alpha_m - \operatorname{tg} \alpha_n).$$

我們將縱坐标的一次差分用 $(\Delta w_k)_x$ 和 $(\Delta w_k)_y$ 来表示,也就是

$$w_l - w_k = (\Delta w_k)_x \text{ 以及 } w_m - w_k = (\Delta w_k)_y.$$

再将縱坐标的二次差分用 $\Delta(\Delta w_k)_x$ 和 $\Delta(\Delta w_k)_y$ 来表示,或者

写成

$$\Delta(\Delta w_k)_x = (\Delta^2 w_k)_x \text{ 以及 } \Delta(\Delta w_k)_y = (\Delta^2 w_k)_y,$$

于是

$$(w_l - w_k) - (w_k - w_i) = \lambda_x (\operatorname{tg} \alpha_l - \operatorname{tg} \alpha_i) = (\Delta^2 w_k)_x;$$

$$(w_m - w_k) - (w_k - w_n) = \lambda_y (\operatorname{tg} \alpha_m - \operatorname{tg} \alpha_n) = (\Delta^2 w_k)_y.$$

如此則第三个平衡条件(III)可以写成下列形式:

$$\frac{H_x}{\lambda_x} (\Delta^2 w_k)_x + \frac{H_y}{\lambda_y} (\Delta^2 w_k)_y = -P_k. \quad (1)$$

如采用符号

$$p_k = \frac{P_k}{\lambda_x \lambda_y}; \quad S_x = \frac{H_x}{\lambda_y}; \quad S_y = \frac{H_y}{\lambda_x},$$

式中 p_k ——網眼单位面积上的荷重;

S_x 及 S_y ——網眼单位长度上的内力。

則方程式(1)成为:

$$\frac{S_x}{\lambda_x^2} (\Delta^2 w_k)_x + \frac{S_y}{\lambda_y^2} (\Delta^2 w_k)_y = -p_k. \quad (2)$$

如果令

$$H_x = H_y = H \text{ 以及 } S_x = S_y = S,$$

則将其代入方程式(1)及(2)后,可得

$$\frac{1}{\lambda_x} (\Delta^2 w_k)_x + \frac{1}{\lambda_y} (\Delta^2 w_k)_y = -\frac{P_k}{H}, \quad (3)$$

$$\frac{(\Delta^2 w_k)_x}{\lambda_x^2} + \frac{(\Delta^2 w_k)_y}{\lambda_y^2} = -\frac{p_k}{S}. \quad (4)$$

倘若再設

$$\lambda_x = \lambda_y = \lambda,$$

則得

$$(\Delta^2 w_k)_x + (\Delta^2 w_k)_y = -P_k \frac{\lambda}{H} = -p_k \frac{\lambda^2}{S}. \quad (5)$$

上面我們採用了符号

$$(w_l - w_k) - (w_k - w_i) = (\Delta^2 w_k)_x;$$

$$(w_m - w_k) - (w_k - w_n) = (\Delta^2 w_k)_y.$$

將其代入方程式(5)以後,可得

$$w_l - w_k - w_k + w_i + w_m - w_k - w_k + w_n = -P_k \frac{\lambda}{H} = -p_k \frac{\lambda^2}{S}$$

或者

$$4w_k - (w_i + w_m + w_l + w_n) = P_k \frac{\lambda}{H} = p_k \frac{\lambda^2}{S}. \quad (6)$$

當網眼為無限小時,也就是說

$$\lambda_x = \partial x \text{ 以及 } \lambda_y = \partial y,$$

則上面所得到的彈性網的方程式(5)將成為:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = -\frac{p_k}{S}. \quad (7)$$

如果原來是在一個彈性薄膜上加上垂直壓力 p , 那么在撓度 w 很小的情況下在薄膜內沿着各個方向發生均勻的表面張力 S , 這張力 S 與撓度 w 及壓力 p 之間的关系式即是我們所熟知的微分方程式

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = -\frac{p}{S}. \quad (8)$$

將方程式(7)及(8)加以比較,就可知道彈性網和彈性薄膜是完全一致的。

我們知道薄板彈性表面的微分方程式可以寫成:

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} = -p; \quad (9)$$

$$M = -N \left(\frac{\partial^2 \delta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \delta}{\partial y^2} \right);$$

$$N = \frac{m^2}{m^2 - 1} E J;$$

式中 p ——薄板上的压力;

$\frac{m^2}{m^2 - 1} E J$ ——薄板刚度;

δ ——薄板弹性表面的縱距;

m ——泊桑比。

如果薄膜在某一压力 p 的作用下而这时表面张力 $S=1$ 时, 則弹性薄膜的微分方程式(8)成为:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = -p.$$

倘若我們再設 $p = \frac{M}{N}$,

于是

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = -\frac{M}{N}.$$

因为

$$-\frac{M}{N} = \frac{\partial^2 \delta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \delta}{\partial y^2},$$

則得:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 \delta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \delta}{\partial y^2} = -\frac{M}{N}, \quad (10)$$

式中 w ——薄膜弹性表面的縱距;

δ ——薄板弹性表面的縱距。

从方程式(10)可以得知, 如果在弹性薄膜上作用着压力 $p = \frac{M}{N}$, 而所引起的表面张力 $S=1$ 时, 則这种薄膜的弹性表面就是薄板的弹性表面。

由此可知，为了要找出薄板的弹性表面，应当在薄膜上施以压力

$$p = \frac{M}{N}。$$

这里所得到的关系，正如弹性杆件时的情况一样。我們知道，杆件的弹性綫就是等于在荷重 $\frac{M}{EJ}$ 作用下的繩索曲綫。

弹性網的差分方程式为〔见方程式(4)〕：

$$\frac{(\Delta^2 w_k)_x}{\lambda_x^2} + \frac{(\Delta^2 w_k)_y}{\lambda_y^2} = -\frac{p_k}{S},$$

而薄板弹性表面的微分方程式为：

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} = -p。$$

因为 M 及 w 均滿足于同样的一些边界条件，故可写出下列式子：

$$M_k = w_k S_1,$$

式中 S_1 ——在压力 p 作用下弹性網內的张力。

現在我們在这一弹性網上施以压力

$$p = w。$$

設在这一压力的作用下，弹性網的结点发生位移 z_k ，于是差分方程式为：

$$\frac{(\Delta^2 z_k)_x}{\lambda_x^2} + \frac{(\Delta^2 z_k)_y}{\lambda_y^2} = -\frac{w_k}{S_2},$$

式中 S_2 ——在荷重 w_k 作用下弹性網內的张力。

因为上面我們已經知道 $M_k = w_k S_1$ 或者 $w_k = \frac{M_k}{S_1}$ ，故可将上列差分方程式改写为：

$$\frac{(\Delta^2 z_k)_x}{\lambda_x^2} + \frac{(\Delta^2 z_k)_y}{\lambda_y^2} = -\frac{M_k}{S_1 S_2}。$$