

鋼筋混凝土受撓構件中箍筋 和彎折鋼筋的計算

Н.Л.泰培金 著

建 筑 工 程 出 版 社

鋼筋混凝土受撓构件中箍筋 和弯折鋼筋的計算

洪 敏 譯

建筑工程出版社出版

• 1958 •

內容提要 本書闡明“建築法規”(СНП)中所採用的在鋼筋混凝土受撓构件中計算橫向鋼筋方法的基本規則，並載有實際運用該方法的指示。

書中計算橫向鋼筋的指示是與計算公式的結論同時論述的，並列出許多包括了在設計鋼筋混凝土結構時所遇到的大多數情況的例子。

本書供工程師和設計技術人員應用。

原本說明

書 名 РАСЧЕТ ХОМУТОВ И ОТОГНУТЫХ СТЕРЖНЕЙ В ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

著 者 Н.Л. Табенкин

出版者 Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре

出版地點及年份 Москва——1957

鋼筋混凝土受撓构件中箍筋 和彎折鋼筋的計算

洪 敏 譯

*

建築工程出版社出版 (北京市東廠門外南橫街)

(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502 50千字 737×1092 $\frac{1}{32}$ 印張 2 $\frac{3}{8}$

1958年3月第1版 1958年3月第1次印刷

印數:1—2,560冊 定價(10) 0.38元

目 录

前 言	4
第一章 钢筋混凝土受弯构件中计算	
横向钢筋的基本规则	6
第二章 按横剪力计算倾斜截面的强度	10
第一节 一般规则	10
第二节 无弯折钢筋时由垂直于纵轴的箍筋	
作配筋的构件的计算	14
第三节 由箍筋和弯折钢筋作配筋的构件的计算	30
第三章 按扭矩计算倾斜截面的强度	38
第一节 一般规则	38
第二节 纵向受拉钢筋在跨度中的截断	40
第四章 计算横向钢筋的一些补充情况	45
第一节 在以箍筋和稠密配置弯折钢筋作配筋的构件中按横	
剪力计算倾斜截面的强度	45
第二节 无弯折钢筋时由倾斜箍筋作配筋的构件的计算	49
第三节 由箍筋和弯折钢筋作配筋的构件中钢筋的截断	51
第四节 在具有大互搭接头的梁或托座中倾斜截面	
强度的计算	53
附 录	58

前 言

目前，按照“建筑法规”确定的方法来实际计算钢筋混凝土受弯构件中横向钢筋的问题，在教科书和参考书籍中都还没有得到深入的说明。

在“混凝土及钢筋混凝土结构设计标准及技术规范”（H_нTV 123—55）中和根据其扩充编拟的“钢筋混凝土结构构件截面计算规程”（И123—55）中所阐明的指示，只包括计算的最简单的基本情况。

以上述标准材料为基础的新的计算横向钢筋的方法可使设计时大量节约钢材，并且有助于更广泛地推广先进的工业化的各种钢筋配件。正确考虑新的计算方法中所产生的一切问题，对设计多次重复使用的装配式钢筋混凝土构件是特别重要的。

同时，为了正确运用这个新的计算方法，必须使每一设计者不仅要有一套计算公式，并且要了解这些公式的来源，以及在“标准”和“规程”中所没有给予的在实际较复杂情况中计算横向钢筋的指示。

本书阐明中央工业建筑科学研究所（ЦНИПС）〔技术科学博士 А. А. 格沃兹捷夫（Гвоздев）和技术科学副博士 М. С. 鲍里什斯基（Боришанский）〕所编拟的新计算方法的基本规则，以及国家标准设计及技术研究院〔工程师 Н. Л. 泰培金（Табенкин）和工程师 Б. Ф. 华西列也夫（Васильев）〕所编拟的实际运用该法的方法。

本书除论述一般最常遇到的计算情况以外，并论述改变箍筋

的截面或間距时、稠密配置弯折鋼筋时、傾斜箍筋时的橫向鋼筋的实际計算方法；此外，本书載有根据弯折鋼筋的配置来截断縱向鋼筋的計算数据，以及具有大互搭接头的梁的計算数据。

为了說明各种的計算情况，特举有許多数字例子。本书附录中并載有为減輕計算工作的表。

第一章 鋼筋混凝土受撓构件中

計算橫向鋼筋的基本規則

“建筑法規”中所採用的計算橫向鋼筋(箍筋和彎折鋼筋)的方法,與按照“古典”理論來計算橫向鋼筋的方法,有原則上的不同。

多次實驗證明,橫向鋼筋按照“古典”理論的計算,不能反映出橫向鋼筋在承受橫剪力上的真實工作。用這種計算時,一般需要很多數量的配筋。

鋼筋混凝土构件按照“古典”理論來計算橫剪力作用的一個主要缺點,是它不正確地估計了混凝土的作用。在按照“古典”理論計算橫向鋼筋時,不考慮受撓构件截面的寬度和混凝土的標號。中央工業建築科學研究所曾把只是截面寬度、混凝土標號和橫向配筋不同的一套矩形截面梁進行試驗。試驗證明,橫向鋼筋較少、而截面寬度較大和混凝土標號較高的梁,比起橫向鋼筋較多、但截面寬度較小和混凝土標號較低的梁,承受了較大的橫剪力。在一套試驗中的個別一些梁內,在破壞荷載時,橫向鋼筋中的應力若按照“古典”理論計算,則應該會超過橫向配筋所用鋼筋的屈服極限好幾倍。

“建筑法規”中所採用的新的計算方法,使我們能更正確地估計鋼筋混凝土受撓构件在承受橫剪力作用時的真實工作,因此,能使构件的設計更經濟合理。

由於廣泛採用焊接骨架和網作配筋,計算橫向鋼筋的新方法就具有特別重要的意義。按照舊標準計算橫向鋼筋,在很多情況下會使得鋼筋消耗過多。

計算橫向鋼筋的新方法的基本規則如下。

大家知道，鋼筋混凝土受撓構件由于外荷載及自重作用的結果，經常出現不達到受壓區域頂點的斜向裂縫。該斜向裂縫好象把受撓構件分成二個部分，該二部分彼此由受壓區域的混凝土和穿過該斜向裂縫的鋼筋聯繫起來(圖 1)。

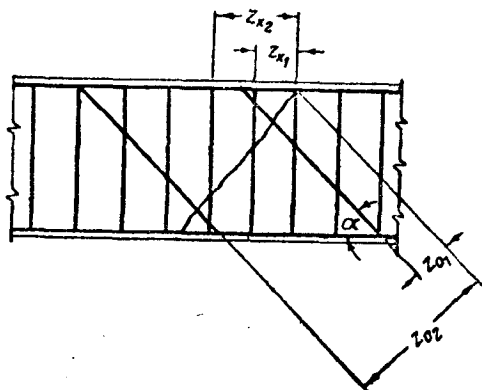


圖 1

當繼續加荷載時，斜向裂縫就展開，同時鋼筋混凝土構件可以由于下列任何一個原因而被破壞：

- 1) 克服了鋼筋的強度，由于此故，構件的二個部分就圍繞着它在受壓區域中的共同鉸產生相互旋轉；
- 2) 當有足夠強的并錨固良好的鋼筋以阻止構件二部分的旋轉時受壓區域的受剪。

這二個可能破壞的圖形，與二個對任何傾斜截面保證計算外力和鋼筋及受壓區域混凝土承受的極限內力間平衡的條件相適應。

如果設鋼筋的強度可被全部利用，則上述的二個平衡條件可

用下列的方法对每一个傾斜截面予以确定。

1. 在斜向裂縫的范围内,外力对受压区域重心的力矩(計算力矩),应不大于穿过裂縫的縱向鋼筋、箍筋和弯折鋼筋中的极限內力对同一点的力矩之和:

$$M \leq m m_a R_a (F_a z + \Sigma F_0 z_0 + \Sigma F_x z_x). \quad (1)$$

2. 外橫剪力(計算橫剪力)应不大于穿过斜向裂縫的箍筋和弯折鋼筋中及受压区域混凝土中的极限內力对垂直于构件軸綫的投影之和:

$$Q \leq m (\Sigma F_0 \sin \alpha m_a R_a + \Sigma F_x m_a R_a + Q_0). \quad (2)$$

公式中①:

M ——外力的力矩(作用在傾斜截面中的計算力矩);

Q ——外橫剪力(作用在傾斜截面中的計算橫剪力);

m ——构件的工作条件系数;

F_a ——与傾斜截面相交的縱向受拉鋼筋截面面积;

F_0 ——配置在一个傾斜平面內的全部弯折鋼筋截面面积;

F_x ——配置在一个与构件軸綫成垂直的平面內的箍筋各枝的全部截面面积;

z, z_0 和 z_x ——縱向受拉鋼筋、弯折鋼筋和箍筋的截面重心至受压区域重心的距离;

R_a ——鋼筋的計算强度;

m_a 和 m_x ——鋼筋的工作条件系数;

Q_0 ——傾斜截面中,受压区域内混凝土的极限內力对垂直于构件軸綫的投影;

α ——弯折鋼筋对构件軸綫的傾斜角。

① 當用不同鋼号的鋼材作配筋時,在計算中應引用各自的計算强度和 工作條件系数。各類鋼筋的 $m_a R_a$ 和 $m_x m_a R_a$ 的乘積值載于附錄表 1 中。

当受弯构件横截面的尺碼、鋼筋、混凝土的标号和鋼材的鋼号都为已知时,公式(1)中右边的各值都是已知数值,因此就可以对任何方向的和位置的傾斜截面算出公式(1)右边的值(內力的力矩)。

公式(2)的右边中,除由箍筋和弯折鋼筋所承受的极限內力对垂直于构件軸綫的投影之和(已知数值)外,还包含一个 Q_0 值。

中央工业建筑科学研究所(ЦНИПС)(技术科学副博士М.С. 鮑里註斯基)作的实验-理論的研究曾确定, Q_0 值主要是与斜向裂縫的傾斜角、受弯构件横截面的几何尺碼和混凝土的标号有关。

Q_0 值,曾建議以下列經驗公式計算:

$$Q_0 = \frac{0.15bh_0^2 R_H}{c} = \frac{B}{c}, \quad (3)$$

式中

$$B = 0.15bh_0^2 R_H;$$

c ——傾斜截面在构件軸綫上的投影长度;

b ——矩形截面的宽度, T 形或 I 形截面的肋宽, 环形或箱形截面壁厚的 2 倍;

h_0 ——截面的有效高度;

R_H ——混凝土受弯时的抗压計算强度。

这一公式已由现行的标准及技术规范 (H_H TV 123—55) 所采用。

在公式(2)中除有鋼筋的工作条件系数 m_a 外,由于下列一些原因还引入一个附加系数 m_H 。

前曾講过,在公式(1)和(2)中是假定全部利用鋼筋的强度,而事实上与斜向裂縫相交的横向鋼筋(箍筋和弯折鋼筋)的工作条件是与它在傾斜截面中的位置有关。在靠近受压区域处的箍筋和弯折鋼筋中,由于斜向裂縫展开的不够大,应力可能不会达到极限值。因此为了考虑在傾斜截面中鋼筋工作的可能不均匀性,在公式(2)中把横向鋼筋承受的內力乘上鋼筋工作条件的折减系数 m_H ,

該系数对冷拔鋼絲除外的各类鋼筋采用 0.8, 对于焊接骨架中采用的冷拔鋼絲采用 0.7^①。

在公式(1)中沒有規定鋼筋的工作条件系数 m_H , 这是由于配置在靠近受压区域傾斜截面內的箍筋 ($m_a R_a F_{sx} z_x$) 和弯折鋼筋 ($m_a R_a F_{so} z_o$) 所承受的內力并不大, 因为它的臂长 z_x 和 z_o 在这种情况下很小。

对于通过梁上任意一点并成任意角度的傾斜截面, 如能遵守公式(1)和(2)所规定的条件, 則就保證了該受弯构件在任意傾斜截面上的强度。

为了进行实际的計算, 必需在受弯构件的範圍內 无穷个可能的傾斜截面中确定一些最不利且危险的截面的位置, 以便只在这些截面中进行强度的驗算。

我們先研究当遵守公式(2)所确定的条件时实际計算横向鋼筋的問題, 即按横剪力計算傾斜截面强度的問題。

第二章 按横剪力計算傾斜截面的强度

第一节 一般規則

图 2 为一段梁, 其上边負有均布荷載 p (公斤/公尺), 梁中配有縱向鋼筋、等間距和等横截面面积的箍筋, 以及配置在一个傾斜平面內的弯折鋼筋。

由等間距和等截面面积的箍筋所承受的內力, 可認為是沿梁縱向均匀分布的, 該內力可采取:

$$q_x = \frac{f_x m_H m_a R_a n}{a}, \quad (4)$$

① 當采用冷拔鋼絲來作為綁紮骨架的箍筋時, 系数 $m_H = 0.8$, 計算强度 R_a 采用與 Cr.3 号鋼的相同。

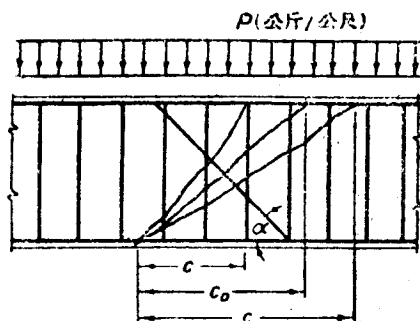


图 2

式中

f_x ——箍筋单肢的截面；

n ——垂直于梁轴线的一个截面内的肢数；

a ——沿梁长度方向箍筋的间距。

作用在倾斜截面中的外横剪力计算值，即位于倾斜截面一侧的全部外力对垂直于构件轴线的投影之和，它与外荷载对斜向裂缝的位置有关。

当自上向下作用的荷载位于梁的上边时（或自下向上作用的荷载位于梁的下边时，见图3a），在倾斜截面中的横剪力值 Q 是比作用在斜向裂缝起点处的竖向截面中的横剪力值有所减少（减

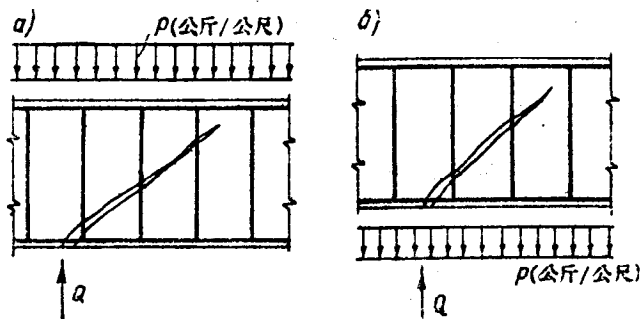


图 3

去位于該傾斜截面範圍內的外荷載值)。

當自上向下作用的荷載位于梁的下邊時(或自下向上作用的荷載位于梁的上邊時, 見圖 36), 在傾斜截面中的橫剪力計算值 Q 等于作用在斜向裂縫起點處的豎向截面中的橫剪力計算值。

當自上向下作用的均布荷載位于梁的上邊時, 对于以梁段中任意一點開始的并穿过弯折鋼筋平面的任意傾斜截面, 公式(2)可以写成下式(參閱圖 2):

$$Q - pc \leq m \left(F_0 m_H m_a R_a \sin \alpha + q_x c + \frac{B}{c} \right), \quad (5)$$

或

$$Q \leq m \left[F_0 m_H m_a R_a \sin \alpha + \left(q_x + \frac{p}{m} \right) c + \frac{B}{c} \right], \quad (6)$$

式中 Q ——相应于傾斜截面起點處的豎向截面中的橫剪力;

p ——位于梁上邊的均布荷載;

F_0 ——配置在一个傾斜平面內的弯折鋼筋截面面积;

α ——弯折鋼筋对梁軸綫的傾斜角;

q_x ——梁单位长度的箍筋承受的內力; 按公式(4)确定;

c ——傾斜截面的投影。

以該梁段中任意一點開始的并穿过弯折鋼筋平面的所有可能傾斜截面中最不利的一个截面, 是使公式(6)中的右边达到最小值的截面。

公式(6)右边以 c 的第一导数等于零:

$$d \left\{ m \left[F_0 m_H m_a R_a \sin \alpha + \left(q_x + \frac{p}{m} \right) c + \frac{B}{c} \right] \right\} = 0,$$

得

$$q_x + \frac{p}{m} - \frac{B}{c^2} = 0$$

和

$$c_0 = \sqrt{\frac{B}{q_x + \frac{p}{m}}} = \sqrt{\frac{0.15bh_0^2 R_u}{q_x + \frac{p}{m}}}, \quad (7)$$

式中 c_0 ——最不利的傾斜截面的投影。

把所得之 c_0 值代入公式(6), 即得:

$$Q \leq m \left[F_0 m_H m_a R_a \sin \alpha + \left(q_x + \frac{p}{m} \right) \sqrt{\frac{B}{q_x + \frac{p}{m}}} + \frac{B}{\sqrt{\frac{B}{q_x + \frac{p}{m}}}} \right], \quad (8)$$

由此即得:

$$Q \leq m \left[F_0 m_H m_a R_a \sin \alpha + 2\sqrt{B \left(q_x + \frac{p}{m} \right)} \right]. \quad (9)$$

由公式(9)得出, 在最不利的傾斜截面中的箍筋和受压区域混凝土可以共同承受下值:

$$Q_{x0} = \sqrt{4 B \left(q_x + \frac{p}{m} \right)} = \sqrt{0.6 bh_0^2 R_u \left(q_x + \frac{p}{m} \right)}. \quad (10)$$

順便應該指出, 由公式(7)和(8)得出:

$$\left(q_x + \frac{p}{m} \right) c_0 = \frac{B}{c_0}. \quad (11)$$

按照橫剪力計算傾斜截面的強度時, 如能滿足下列條件時可不予計算:

$$Q \leq mbh_0 R_p, \quad (12)$$

式中 R_p ——混凝土抗拉的計算強度。

此時, 橫向鋼筋按照構造需要配置。

第二节 无弯折钢筋时由垂直于縱軸

的箍筋作配筋的构件的計算

1. 跨度範圍內等間距等截面的箍筋

当无弯折钢筋时,該梁段的橫剪力最大可能值为:

$$Q = mQ_{x6} = m\sqrt{4B\left(q_x + \frac{p}{m}\right)} = m\sqrt{0.6bh_0^2R_n\left(q_x + \frac{p}{m}\right)}. \quad (13)$$

由此得出,在受撓构件只有箍筋(沒有弯折钢筋)作配筋时,箍筋的橫截面面积和其間距应该这样来确定,即使梁单位长度上的箍筋所承受的內力滿足下列条件:

$$q_x \geq \frac{\left(\frac{Q}{m}\right)^2}{4B} - \frac{p}{m} = \frac{\left(\frac{Q}{m}\right)^2}{0.6bh_0^2R_n} - \frac{p}{m}. \quad (14)$$

当采用間距 a 和肢数 n 时,所需的箍筋截面面积(f_x)可按下列公式确定:

$$f_x = \frac{q_x a}{m_n m_a R_n n}. \quad (15)$$

公式(7)~(14)是考虑在任意傾斜截面範圍內减少傾斜截面內橫剪力計算值的均布荷载 p 的作用。当自上向下作用的均布荷载位于梁的下边时(或当自下向上作用的均布荷载位于梁的上边时),公式(7)、(10)、(13)和(14)采用下式:

$$c_0 = \sqrt{\frac{B}{q_x}} = \sqrt{\frac{0.15bh_0^2R_n}{q_x}}; \quad (16)$$

$$Q_{x6} = \sqrt{4Bq_x} = \sqrt{0.6bh_0^2R_nq_x}; \quad (17)$$

$$Q = mQ_{x.6} = m\sqrt{4Bq_x} = m\sqrt{0.6bh_0^2R_nq_x}, \quad (18)$$

$$q_x \geq \frac{\left(\frac{Q}{m}\right)^2}{4B} = \frac{\left(\frac{Q}{m}\right)^2}{0.6bh_0^2 R_H} \quad (19)$$

公式(16)~(19), 对在傾斜截面的投影範圍內一般沒有外荷載的情形是同樣正確的。

在以全部均布荷載作用所計算的梁中, 個別段上的荷載實際上可以不存在。在這些情形下按照考慮到在最不利的傾斜截面的投影範圍內存在均布荷載的公式(7)~(14)計算, 可以得出增高的 $Q_{x.6}$ 值和折減的 q_x 值。

由於此故, 標準及技術規範(H_нTV 123—55)中建議按照公式(7)、(10)和(14)進行的計算, 是只對僅有一種分布荷載圖形(例如, 土壓力、水的靜壓力等)作用下的構件而言, 即對在整個跨度範圍內保證有均布荷載作用的一些情況而言。

在其他一切情況下, 不論全部均布荷載位於梁上邊或下邊, 則應按照公式(16)、(17)和(19)進行計算。

為了減輕按照橫剪力計算傾斜截面時的計算工作, 特在附錄中載有表2~8。

在表2~6中根據 $\varepsilon = \frac{Q}{mbh_0 R_H}$ 值的不同引導出了 $\xi = \frac{\bar{F}_x}{b}$ 的各值, 這裡 $\bar{F}_x$ ——梁一公尺長度上的箍筋(橫向鋼筋)截面面積; 表7為不同直徑、間距和肢數的箍筋的 $\bar{F}_x$ 數值。

表2~7使我們在已知計算橫剪力時能確定箍筋的直徑和間距, 或在已知箍筋(橫向鋼筋)時能確定橫剪力計算值。表2~6中的各值是按照公式(20)算出的:

$$\begin{aligned} \frac{\bar{F}_x}{b} &= \frac{q_x}{bm_H m_a R_a} = \frac{Q}{mbh_0 R_H} \times \frac{Q}{mbh_0 R_H} \times \frac{R_H}{0.6m_H m_a R_a} = \\ &= \frac{\varepsilon^2 R_H}{0.6m_H m_a R_a} \quad (20) \end{aligned}$$

前曾講过，在得出公式(7)时是把箍筋假定为沿斜向裂縫連續均匀分布的：事实上，箍筋是在梁的长度方向彼此相隔某一距离 a 放置的。为了使不穿过箍筋的可能的斜向裂縫（即位于箍筋間距范围内的裂縫）能保証遵守公式(2)的条件，箍筋的間距就應該这样来确定，即可使不穿过箍筋的斜向裂縫中的横剪力全部由受压区域的混凝土来承受，即使

$$Q \leq m Q_0. \quad (21)$$

用公式(3)中的 Q_0 值代入，并設箍筋的最大容許間距为 u ，即得：

$$Q \leq \frac{m 0.15 b h_0^2 R_H}{u}, \quad (22)$$

或

$$u \leq \frac{m 0.15 b h_0 R_H}{Q} h_0. \quad (23)$$

实际上的箍筋最大容許間距應該确定得比理論上的稍为小些，因为放置箍筋时的不精确性是可能的；由于此故，标准及技术规范(H_нTY 123—55)中所采用的箍筋間距減少了 $1/3$ ，即：

$$u = 0.1 \frac{m b h_0 R_H}{Q} h_0. \quad (24)$$

或

$$\frac{u}{h_0} = 0.1 \frac{m b h_0 R_H}{Q}. \quad (24a)$$

$\frac{u}{h_0}$ 值

$\varepsilon = \frac{Q}{m b h_0 R_H}$	$1/3$	$1/4$	$1/5$	$1/6$	$1/7$	$1/8$	$1/9$	$1/10$
$\nu = \frac{u}{h_0}$	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0