

混凝土和鋼筋混凝土結構  
按計算極限狀態的計算

К. П. 塔里 著

建築工程出版社

557

5/446

128243

K.1

建築結構按計算極限狀態計算方法參考叢書

## 混凝土和鋼筋混凝土結構按 計算極限狀態的計算

馬成沂 王自然 王治民 譯  
顧圭章 馬成沂 校

建築工程出版社出版

• 1957 •

式中

編  
印

設計

• 9

**內容提要** 本書闡述混凝土和鋼筋混凝土結構按計算極限狀態方法計算的基本原理。書內載有計算所需數據：混凝土和鋼筋的標準強度、勻質系數、按各種計算極限狀態計算的公式及一些輔助計算用表格。

書內以具體實例說明按計算極限狀態計算的方法。

本書供結構工程師及技術人員使用。

### 原本說明

**書名** РАСЧЕТ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО РАСЧЕТНЫМ ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ

**著者** К. Э. Таль

**出版者** Государственное издательство литературы  
по строительству и архитектуре

**出版地點及年份** Москва—1955

### 混凝土和鋼筋混凝土結構按計算極限狀態的計算

馬成沂、王自然、王治民 譯

顧圭章、馬成沂 校

\*

建築工程出版社出版（北京市阜成門外南礼士路）

（北京市書刊出版業營業許可証出字第052號）

建築工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

---

書號615 66千字 787×1092 1/32 印張 3 1/8

1957年9月第1版 1957年9月第1次印刷

印數：1—3,050冊 定價（10）0.50元

# 目 录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 前 言                               | 4  |
| 第一章 混凝土和鋼筋混凝土結構按計算极限状态計<br>算的基本原理 | 6  |
| 第二章 混凝土和鋼筋的标准强度                   | 15 |
| 第三章 混凝土和鋼筋的勻質系数和計算强度              | 16 |
| 第四章 混凝土結構構件按承载能力的計算               | 21 |
| 第五章 鋼筋混凝土結構構件按承载能力的計算             | 33 |
| 第六章 鋼筋混凝土結構構件按极限变形的計算             | 78 |
| 第七章 鋼筋混凝土結構構件按裂縫极限扩展的計算           | 87 |
| 計算例題                              | 89 |

## 前 言

經苏联部長會議国家建設委员会批准的必須遵守执行的“建筑法規”中，采用了房屋和結構物建筑結構和天然地基按計算极限状态計算的新方法。为使广大工程技术界易于掌握此种計算方法，全苏建筑科学技术工程学会着手出版了一套参考書，以闡明这种新方法的实質，并列举按計算极限状态計算的数字实例。

所出版的参考書籍如下：

1. 技术科学博士 И. И. 戈里金勃拉特著“建筑結構按計算极限状态計算的基本原理及荷載”，苏联科学院通訊院士 H. C. 斯特列律茨基教授編輯；

2. 技术科学副博士 K. Э. 塔里著“混凝土和鋼筋混凝土結構按計算极限状态的計算”，苏联建筑科学院通訊院士斯大林獎金获得者 A. A. 葛涅茲捷夫教授編輯；

3. 技术科学副博士斯大林獎金获得者 C. A. 謝苗佐夫著“磚石和配筋磚石結構按計算极限状态的計算”，苏联建筑科学院通訊院士 Л. И. 奧尼西克教授編輯；

4. 技术科学副博士 B. A. 巴勒金著“鋼結構按計算极限状态的計算”，苏联科学院通訊院士 H. C. 斯特列律茨基教授編輯；

5. 技术科学副博士 B. M. 柯切諾夫著“木結構按計算极限状态的計算”，技术科学博士斯大林獎金获得者 Г. Г. 卡尔辛編輯；

6. 技术科学副博士 P. A. 托卡里著“房屋和結構物的天然地基按計算 极限 状态的 計算”, 苏联科学院通訊院士 H. A. 泽托維奇教授編輯。

全蘇建筑科學技術工程學會組織處

# 第一章 混凝土和鋼筋混凝土結構按計算 極限狀態計算的基本原理

建築結構按極限狀態計算的方法比其他各種計算方法更為完善。這在鋼筋混凝土結構的計算上表現得尤為明顯。

在蘇聯於 1938 年以前，大家所公認的鋼筋混凝土結構計算理論是所謂的“古典”理論，這種理論是以彈性材料的力學法則為基礎的。根據這種理論，在各種計算中，將鋼筋混凝土視為是完全彈性的材料，而計算則是根據混凝土和鋼筋的規定容許應力。

然而遠在 1938 年以前，從使用鋼筋混凝土結構的經驗中，就已經知道了實際上鋼筋混凝土結構在載荷下的狀況與彈性材料結構不同，混凝土的變形並不服從“彈性”法則，也不與荷載的大小成正比。舉例來說，梁受壓區域的應力圖不是直綫的，而且圖綫的曲率是隨荷載的增加而改變。從實驗中所得出的破壞荷載值，與根據“古典”理論計算出的破壞荷載值是不一致的。因此就產生了過渡到按破壞內力或按破壞階段計算的必要性，這對鋼筋混凝土來說，就尤為迫切。任何一種強度計算的目的，都是在於肯定一結構在結構物的全部使用期間內不會發生危險的破壞。但是為了借計算來防止結構發生破壞的危險，顯然就必須確定結構開始破壞的那一種狀態。

因此，找出結構的破壞階段及與此階段相適應的破壞荷載，則是強度計算上最重要的任務。結構在所謂的使用荷載下的狀況同樣也是很重要的，然而對強度計算來說，其意義不

大；按破坏阶段計算时，基本的表征是破坏 荷載或破坏內力，其容許內力則以破坏內力除以規定的安全系数确定。

对在承載能力耗尽前应力与应变間保持正比例关系的彈性材料來說，按破坏內力計算与按 容許內力 計算所得到的結果完全相同。因此过渡到按破坏阶段 計算的必要性，首先就表現在鋼筋混凝土結構的計算上。

在1938年曾經批准了鋼筋混凝土結構設計标准和技术规范，在該設計标准和技术规范中 最先采用了按破坏阶段計算的方法。这种計算方法是以鋼筋混凝土結構的直接試驗所得的破坏內力值为依据的；按这种方法計算所得結果比按“彈性鋼筋混凝土”的旧方法計算所得結果更符合于实验 資料。然而，在按破坏內力的計算方法中，仍旧还保存着單一的总安全系数，借此安全系数总合一起地来考虑 实际荷載、材料强度、截面尺寸等等与其計算数值間的可能产生的全部偏差。

在业經批准的“建筑法規”中，全部建筑結構，其中也包括混凝土和鋼筋混凝土結構，均按极限状态方法計算。这种計算方法的基本特点如下：

1) 引用結構超过某一状态就不能再滿足使用要求的这种极限状态的新概念。

2) 規定有三种計算极限状态：即按承載能力(强度或稳度)、按变形和按所謂的局部损坏現象(裂縫的出現或扩展)，計算时，即应按此三种計算极限状态計算；

3) 引用新的計算系数系統——超載 系数、材料勻質系数及工作条件系数——代替單一的总安全 系数，新系統中的每一系数只考虑要求导入安全系数的各种原因中的一种(荷載的可能增高、材料强度的降低及結構的工作特点)，而且 这些系数的数值，应以实际上在結構物全部使用期間 內不发生



任何一种极限状态为条件来确定。

荷载值和超载系数值在 И.И. 戈里金勃拉特所著的“建筑结构按计算极限状态计算的基本原理及荷载”<sup>①</sup>一书中已有阐述。

按极限状态计算时,计算内力(即可能的最大荷载在最不利组合作用下的内力)是以一般建筑力学方法确定;在许多超静定体系结构中,要考虑由于钢筋的塑性变形而产生的内力重分配(见本书第五章)。

为解说按第一种极限状态(按承载能力)的计算,我们来研究一个最简单的例子——承受轴心压力  $N$  作用的等截面混凝土柱墩(图1)。

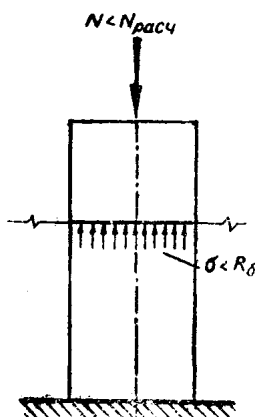


圖 1

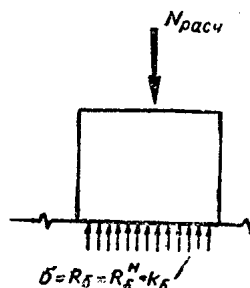


圖 2

假设柱墩混凝土的可能最小强度  $R_δ$  等于:

$$R_δ = k_δ R_δ^H;$$

式中:  $R_δ^H$ ——某一标号混凝土强度的标准值;

$k_δ$ ——混凝土匀质系数,考虑混凝土强度的偶然降

① 國立建筑工程書籍出版社出版1956年,莫斯科,已有中譯本。——譯者

低, 小于 1。

柱墩的截面尺寸应使计算内力  $N$  不超过承载能力(考虑材料强度的降低)。这一条件用算式表示如下(图 2):

$$N \leq R_0^H k_0 F', \quad (1)$$

式中:  $N$ ——计算荷载作用下的柱墩内压力, 计算荷载等于规定(标准)荷载乘相应的超载系数;

$R_0^H$ ——混凝土的标准强度, 等于所取混凝土的标号;

$k_0$ ——受压混凝土的匀质系数;

$F'$ ——柱墩的横截面面积。

如将乘积  $R_0^H k_0$  称为混凝土的计算强度, 并用  $R_0$  表示, 则公式(1)的形式将为:

$$N \leq R_0 F'. \quad (2)$$

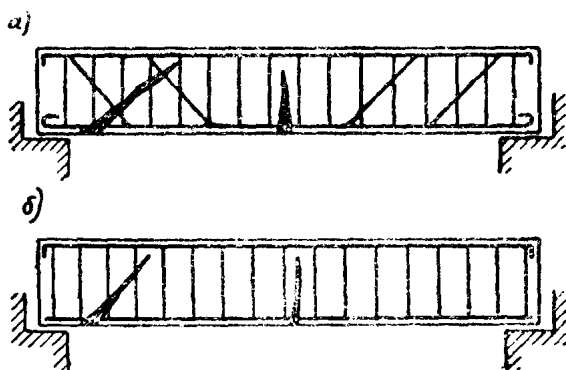


圖 3

正如所見, 公式(2)与旧标准和技术规范(ННТУ3-49)的计算轴心受压构件的公式, 除公式(2)中没有强度安全系数外, 并无区别。这是很自然的, 因为安全系数的必要因数已借本公式中的其他计算系数加以考虑了。

因此,从所举的最简单的例子中就可以看出,就计算过程和计算方法来说,这与按破坏阶段计算并无改变。

现在我们来研究用绑扎骨架(图3, a)或焊接骨架(图3, b)作配筋的单跨钢筋混凝土梁。

如在梁的某一截面中(垂直截面或倾斜截面)开始发生破坏时,梁的承载能力就达到极限状态。

此一过程的特征,一般是受拉混凝土中有裂缝出现和扩展及与裂缝交叉的钢筋塑性变形的急剧增加。

非常明显,将梁设计成极限状态在各不同截面中都是同时开始,即是在同一荷载下开始,是最合理的。如果将梁设计成起初可能是在,譬如,跨度中间部分的垂直截面中开始极限状态,而后仅在更大的荷载下才在倾斜截面中开始极限状态,这就是说,倾斜截面具有不能被利用的多余强度,而梁则具有不能被利用的多余材料。实际上,钢筋混凝土中的“等强度”条件只能在极个别的情况下才能实现,因为这会引起配筋的过度复杂,以致使钢筋难于制造。但在不引起配筋过度复杂化的情况下,必须力求“等强度”的结构。

正如上面所指出的,按极限状态计算时,是以结构物在全部使用期间内实际上不可能达到任何一种极限状态为条件的。

假如实际荷载小于计算荷载(考虑超载)或混凝土的强度和钢筋的屈服限度大于计算强度和屈服限度(在实际结构中,绝大多数情况下正是这样),则极限状态一般是不会达到的<sup>①</sup>(图4)。

如将所研究截面的力矩用算式表示,则达到承载能力(强

---

① 这仅在结构满足“建筑法规”中结构及地基设计与施工方面全部要求时,才是正确的。

度)极限状态的計算条件可以写成下式:

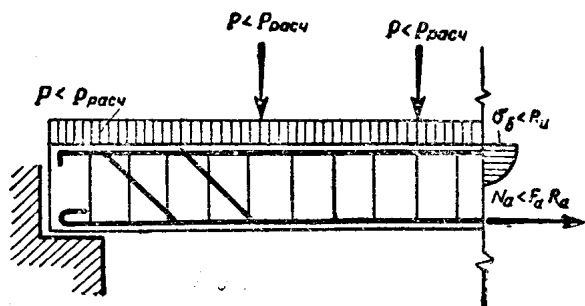


圖 4

$$M_{расч}^{внешн} = M_{расч}^{внутр}, \quad (3)$$

式中:  $M_{расч}^{внешн}$ ——計算荷載(考慮超載)作用下的力矩;

$M_{расч}^{внутр}$ ——当材料应力等于其計算强度时的可能由截面所承受的力矩。

在保持下列不等式的条件下时,不可能达到极限状态

$$M_{факт}^{внешн} < M_{расч}^{внешн}$$

或

$$M_{факт}^{внутр} > M_{расч}^{внутр}$$

式中:  $M_{факт}^{внешн}$ ——荷載作用下的实际力矩;

$M_{факт}^{внутр}$ ——当材料的实际强度大于計算强度时的內力矩。

精确地确定鋼筋混凝土或混凝土構件承載能力最小值的可能性,取决于对結構接近破坏阶段时应力状态的了解程度。这个问题将在下几章中詳細地研究。

計算鋼筋混凝土結構的第二种极限状态是变形极限状态。有时有人提出这样的问题:为什么现在重視按变形計算

了呢？大家知道，在不久以前还很少遇到需要确定鋼筋混凝土結構撓度的情况，而且变形計算也主要是与确定超靜定体系中的內力有关。

实践已經証明，常用的由标号 Cт.0 及标号 Cт.3 鋼材作配筋的整体式鋼筋混凝土結構的剛度通常很大，因而其变形很少，不致妨碍結構物結構的正常使用。現在計算变形的这种必要性急剧地增加了。第一，这是由于几乎在工业建筑和民用建筑的一切方面采用工厂制造的装配式鋼筋混凝土結構业已成为普遍現象。設計这样的結構时，应尽力减少截面的高度，减少結構的自重，以便可能利用最小起重量的安裝吊車以及减少楼板的結構高度。这就使橫截面尺寸減到極小程度，进而使这些構件的長細比最大。装配式構件相互間的联接往往不是剛接，而且它們像單跨靜定結構那样工作，因而整体式結構具有較大的空間剛度。

采用比标号 Cт.0 和标号 Cт.3 强度規格更高的鋼材配筋，是使鋼筋混凝土結構变形增加的第二个基本原因。用标号 Cт.5 鋼材制成的热軋鋼筋和用冷拔鋼絲制成的鋼筋的計算强度显著地超过用标号 Cт.0 或标号 Cт.3 鋼材制成的热軋鋼筋的計算强度（見第三章）；这样一来也提高了結構物使用时鋼筋的工作应力。

以后还要說明，截面高度相同和荷載相同时，梁的撓度实际上几乎是与鋼筋中的应力成正比；由此便可以清楚地知道，在采用高强度鋼筋时，变形会增加多少。

在新的标准和技术規范中規定有层間楼板鋼筋混凝土結構的极限撓度值。此极限撓度值与对于用其他材料制成的結構，例如鋼結構和木結構所取数值近似。

对各种構件撓度的限制，是根据使用情况的 不同分別而

定的。例如，吊車軌梁的過度撓曲會破壞橋式吊車的正常工作，甚至導致吊車軌道的破壞。承受靜力荷載的層間樓板鋼筋混凝土結構的撓度則主要是影響美觀。樓板上安裝機器時，過度的撓曲會有害於機器的工作，而且也會使在樓板上工作的人們感到不舒服。

還可以舉出許多必須限制鋼筋混凝土結構變形的例子，然而鋼筋混凝土結構變形的標準尚未最後地編定。例如，吊車棧橋柱子的極限撓度就是這樣的例子，為了防止橋式吊車卡住，應限制吊車棧橋柱子的極限撓度；預先可以取吊車兩條軌道間的相互移近不大於10毫米作為限制。同樣也應限制鄰接的用鋼筋混凝土結構做聯系的基礎的不均勻下沉，以免這些結構遭到破壞。

在規定“建築法規”的關於荷載作用下變形確定方法時，曾注意到極限變形值是極其假定的，同時達到變形極限狀態比達到承載能力極限狀態的危險性小。根據這些理由可以得出結論：確定荷載作用下的變形不必十分精確，同時在確定時，理應採取比計算強度時為小的超載係數。因為計算強度時所考慮的超載係數值不大，所以為簡化起見，在計算變形時取超載係數等於1。因此，變形就按標準荷載來確定，而不考慮超載係數。

應該指出，鋼筋混凝土構件變形的確定方法本身近來有很大改變，而且是更為完善了。大家都知道，按設計標準和技術規範(ННТУЗ-49)的規定，鋼筋混凝土受撓構件的變形是以假設方法確定的，即是將它作為均質的實心梁計算，不考慮產生裂縫處受拉混凝土是不工作的。採用這樣的辦法在許多情況下得不出正確的結果，這是很自然的。

按“建築法規”的規定，確定鋼筋混凝土構件變形時，應考

考虑構件在載荷下工作的实际情况。

对于受压構件和小偏心距偏心受压構件(当偏心距小到在受拉区域不出現裂縫时),以及对于那些不容許有裂縫出現的受拉構件來說,可作为实心体来确定它們的变形。

使用时受拉区域内可能出現裂縫構件的变形,应考虑載荷下的实际工作确定,即是考虑受拉区域裂縫的扩展。所有的受撓構件和受拉構件皆屬此类構件。

按第三种极限状态,即按出現裂縫計算,适用于受液压作用的軸心受拉構件(例如圓貯罐的壁)。

应当承認完全地保証鋼筋混凝土結構不出現裂縫,即便是髮絲狀裂縫,在实际上非常困难,往往根本不可能。因为混凝土的抗拉强度很低,所以只要受到不大的力作用,在混凝土中就会出現裂縫。許多一般在計算中很难考虑的情况:混凝土的收縮,温度改变的影响等等,都能引起混凝土中出現裂縫。

如若再考虑到在計算不容許出現裂縫时,至今所取的安全系数很低(1.25—1.30),低得不足以弥补受拉时混凝土强度的可能离散(对所取强度的偏差程度——譯者),則这类構件在使用时于受拉区域中可能产生裂縫的原因就很清楚了。

看来,在計算結構时不按裂縫的出現,而按裂縫的扩展来考虑是比較正确的,我們可以認為若对裂縫的扩展容許有一定尺寸的限制时,即使是对受液压作用的構件來說,也是无危险的。由于缺少有足够根据的能保証液体可不外洩的裂縫容許极限扩展值,暂时还不能向这种計算方法过渡。

由于鋼筋可能有銹蝕危險及重复載荷下或温度变形太大时鋼筋与混凝土的粘結有破坏危險而不容許裂縫过度扩展时,才应按裂縫扩展計算。

在大多数計算情况下，裂縫的极限扩展值都規定为0.2公厘。因为裂縫扩展情况的实验研究次数还很有限，所以上述的数值只能作为大概值；这一数值今后还要精确。

## 第二章 混凝土和鋼筋的标准强度

混凝土和鋼筋混凝土結構，应根据材料强度的可能的最小值，即計算强度来計算强度。

取在某一結構物中实际上不会再低的材料强度值作为材料强度的計算值。这就意味着，很少能在結構物中找到强度等于計算强度的材料。所提这点是指能满足施工技术规范要求之材料的这种“正常”質量。当然，也可能遇到强度过低的材料，但这种材料是廢品，是不容許使用的。

材料的标准强度不导入計算公式，即是說，計算时不需要标准强度。然而由于目前制造材料时所采用的材料强度檢查方法的关系，尚需要有标准强度。

所謂“軟”鋼的标准强度取为廢品的屈服限度；屈服限度不明显的鋼材（冷軋鋼、冷拔鋼絲）的标准强度取为廢品强度极限；廢品点均在工廠鋼材試驗条件下檢驗。

廢品点要超过屈服限度（或强度限度）的所見最小值，因为仅有很少数量的試样做过檢查試驗，而它們又不足以完全地表征材料的整体，因此材料的实际强度指标在个别部分可能低于檢查試样的强度。受檢查試驗的試样数量越多，廢品点确定得就越接近于所見最小值，反之，与所見最小值的差值就越大。所以任一廢品点的确定都是与做試驗的試样数量直



接有关。

目前,混凝土强度的單一廢品点尙未能确定出来。混凝土强度既按平均值檢驗,也根据按檢查試样数量而定的对平均强度的規定极限偏差值檢驗。因此,就取混凝土的标号作为它的标准强度,即取接近于平均强度的数值;标准强度的导数值,例如棱柱强度、受撓时受压强度、受拉强度等的导数值皆取之符合于混凝土的标号。

按規定的平均强度最小值檢驗混凝土的平均强度,不仅能确定出混凝土强度离散程度,而且还能确定出混凝土配合比选取得是否正确及水泥的实际用量。

混凝土和鋼筋的标准强度数字值在“建筑法規”第二卷第二篇第二章第三节已有規定,这里不再叙述。

### 第三章 混凝土和鋼筋的勻質 系数和計算強度

从研究混凝土立方体試块或鋼材試样的檢查試驗結果中明显地看出,無論是已知标号的混凝土,还是已知标号的鋼材都不具有完全固定的强度指标。强度、屈服限度等的实际数值不符合于(或大于或小于)該材料的平均强度。此种偏差可能是“正常的”,即是符合于材料的規定制造方法,也可能大一些,因为它表示材料制造时的某种特殊条件。

自然,制造材料的技术水平越高,强度指标的离散就越小,反之,制造材料的技术水平越低,离散越大。

所以专业化混凝土工廠拌制的混凝土,一般要比用單个混凝土攪拌机在工地拌制的混凝土更为勻質。