

鋼筋混凝土結構和配件

苏联 B. C. 考勞考立尼柯夫



建筑工程出版社

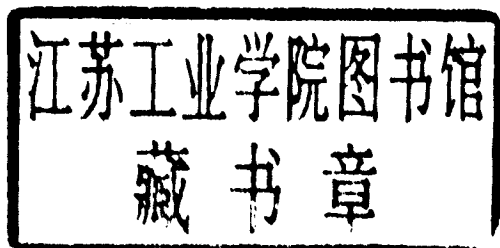
146636

557

5/4494

鋼筋混凝土結構和配件

王 建 瑚 譯
譚 天 祐



建筑工程出版社

• 1958 •

內 容 提 要

本書以通俗形式介紹生产鋼筋混凝土結構和配件及其所用的建築材料知識。此外，本書還講述在建築中使用裝配式鋼筋混凝土的要點和应用最廣的一些結構和配件的安裝方法。

本書可作建築工程青年技工的輔助讀物。

原 本 說 明

書 名: ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ДЕТАЛИ
著 者: В. С. Колокольников
出 版 者: трудразвиздат
出版地點:
及 日 期: Москва—1956

鋼筋混凝土結構和配件

王建翔 譚天祐譯

*

建築工程出版社出版(北京市阜成門外南乳士路)

(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 845 63千字 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張2 $\frac{13}{16}$

1953年3月第1版 1953年8月第1次印刷

印數: 1—1,900冊 定價(10)0.46元

前 言

在現代建筑中，鋼筋混凝土获得了極其广泛和多方面的应用。它是住宅与工业厂房、水工与运输构筑物等的承重結構的主要建筑材料，也是农业建筑物的主要建筑材料。鋼筋混凝土所以在建筑中起有主导作用，是由于它的通用性，以及有可能利用廉价地方原料来制造而决定的，最后也同鋼筋混凝土的技术性能和经济指标均优于鋼、木材和陶土材料等有关。

在目前，装配式鋼筋混凝土結構和配件具有着特殊的意义；它为建筑工业化、施工过程最大程度的机械化、縮短房屋和构筑物的建筑工期，以及降低建筑造价等方面都开辟了巨大的可能性。

苏联共产党第20次代表大会关于發展苏联国民經济第六个五年計劃（1956—1960年）的指示中，規定的装配式鋼筋混凝土的应用量，几乎比1955年的三百万立方公尺要多至十倍。

目 录

前 言

一、钢筋混凝土概述	1
二、钢筋混凝土的制造工艺原理	11
1. 混凝土的材料	12
2. 混凝土和混凝土拌合物的性质	18
3. 钢筋混凝土的钢筋	24
三、装配式钢筋混凝土在建筑中的应用	28
1. 用于民用建筑的钢筋混凝土结构和配件	34
2. 用于工业厂房的钢筋混凝土结构和配件	42
3. 用于水工与运输建筑中的钢筋混凝土结构和配件	46
四、装配式钢筋混凝土结构和配件的制造	54
1. 混凝土拌合物的拌制	54
2. 钢筋工作	60
3. 成型	63
4. 硬化	69
五、装配式钢筋混凝土结构和配件的安装	73
1. 吊运工序	73
2. 装配式钢筋混凝土构件的安置	78
3. 装配式钢筋混凝土在建筑中的发展远景	82
参考书籍	86

一、鋼筋混凝土概述

鋼筋混凝土是一種建築材料，其中混凝土和鋼兩者有效地結合在一起而共同工作着（圖1）。混凝土也是一種人造石料，它是由膠結材料（水泥）、水及粗細集料（砂及礫石或碎石）的混凝土拌合物硬化而成。

混凝土與鋼所以能共同工作，取決於下述三個重要因素：混凝土與鋼筋牢固地粘結着；混凝土與鋼的溫度膨脹系數甚為相近；混凝土能使鋼料不致受到銹蝕。

上述三因素中，第一個是主導因素，因為鋼筋混凝土的整體性，就是由於混凝土與鋼筋兩者牢固粘結在一起而獲得的。

把混凝土和鋼結合在一起的思想，是由這兩種性質極其不同的材料的下述一些重要性能所引起的。混凝土，也與所有的磚石材料一樣，能夠很好地抵抗壓力，但它是脆性的，因此對於抵抗拉應力卻非常低弱：混凝土的抗拉強度約為抗壓強度的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{15}$ 。鋼對於抵抗壓力和拉力都很強，因此，鋼筋混凝土中的鋼，是用來承受拉力作用，而使整個鋼筋混凝土能很好地抵抗壓力和拉力。

一切建築構件，在荷載作用下發生彎曲時，其中都會產生兩種相反的應力（壓力和拉力）。支承在兩個支點“2”上的梁“1”（圖2）即是這種最簡單的受彎構件。如果梁上載有

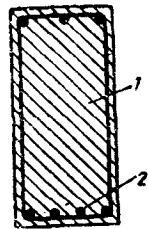


圖1 鋼筋混凝土斷圖

- 1——混凝土
- 2——鋼筋

P 力，則在該力作用下，梁即發生彎曲；这时，位于梁的中和軸 0—0 以上的上部凹入区“3”將受压，而下部凸出区“4”將受拉。拉力和压力的大小相等，但方向相反（如箭头所示）。如果混凝土的抗压强度大于抗拉强度，則梁將會从下部受拉区开始破坏，以致使構件的完全破坏較之在混凝土的抗拉和抗压强度相等时的破坏要早得多。为了提高梁的下部受拉区抵抗破坏的能力，在其中配以与混凝土牢固地粘合在一起的鋼筋“5”；在混凝土受拉区出現裂縫“6”之后，拉应力即由鋼筋承受。因此，鋼筋混凝土就能足够抵抗梁在受彎时所产生的拉力和压力。

上述配筋方法，还始終不能全部避免在梁的下部混凝土受拉区出現裂縫，因为在使用荷載的作用下，鋼筋受到的拉力要比混凝土大4~5 倍。出現裂縫会嚴重地影响到梁的效用——即增加了它的撓曲度；如果在开

裂处裂縫开展很大，鋼筋就有銹蝕的危險。随着鋼筋中应力的提高，撓曲度及裂縫的开展也將增加。因此，当用上述普通的配筋方法时，就不能采用高强度的鋼料，因为这会导致裂縫大大开展，並使撓曲度超出許可之值。可是，采用高强度鋼来作为混凝土的配筋，可以使金屬的耗用量大为降低；不过，为此就必须采用

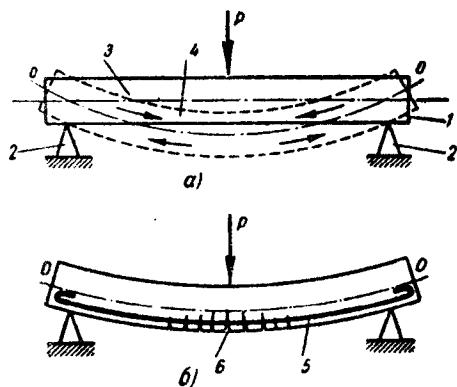


圖 2 梁的彎曲示意圖

a——彎曲示意圖 6——鋼筋混凝土梁的彎曲

不致在結構中出現裂縫的高強度鋼的配筋法。

這種方法就是在構件的受拉區先使混凝土受壓。使混凝土預先受壓就能防止在使用荷載下出現裂縫，因為在混凝土中出現拉應力之前，一定要先克服預加的壓應力。使受拉區的混凝土受壓，是藉鋼筋預加應力（拉力）而達到的；鋼筋的預拉可按下述方式進行（見圖 3 a）：用特殊的張拉設備“4”將安在模型“1”中的鋼筋“2”進行預拉，並在受拉（應力的）狀態下加以固定；然後將混凝土拌合物“3”灌入模型中，並加以緊緊搗實；待混凝土達到足夠的強度，並能與鋼筋很好地粘結以後，即鬆開固定裝置。鬆開的鋼筋力求恢復到未受拉時的原始狀態，但是，由於混凝土與鋼筋粘結在一起，阻礙着鋼筋的收縮，結果就使混凝土受壓。鋼筋預加的應力愈高，則混凝土的受壓也就愈強。高強度鋼可以承受較大的預應力，因而也就能保證使混凝土受到較強的壓力。

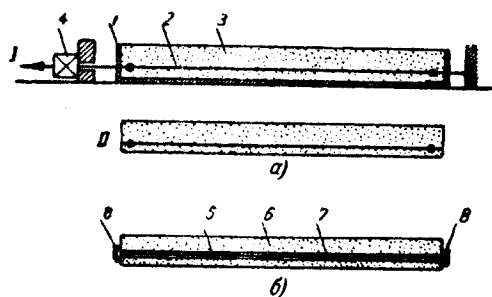


圖 3 鋼筋混凝土構件的預應力示意圖

a——在混凝土硬化前進行鋼筋張拉：

I——張拉時的情況

II——在混凝土硬化並鬆開鋼筋後的情況

6——在混凝土硬化後進行鋼筋張拉

鋼筋的張拉也可以在混凝土硬化后進行（圖36）。在這種情況下，鋼筋“5”並不與混凝土“6”粘結在一起，為此在混凝土構件中要留有溝孔“7”以穿放鋼筋，或在鋼筋上塗一層瀝青，以阻止其與混凝土相粘結。待混凝土硬化后，即進行張拉鋼筋，並用錨固裝置“8”（例如螺帽）把鋼筋固定于構件的頂端；由于鋼筋的收縮，而使混凝土受壓。

藉鋼筋混凝土制品的應力配筋，除能防止出現裂縫以外，尚可大大節約鋼筋鋼料，並減輕制品的重量，提高其彈性及耐久性；其次，因為沒有裂縫，所以可減少侵蝕性的氣體和水分進入鋼筋混凝土構件的深部，这样就减少了鋼筋銹蝕的可能性。

目前，在改善和增加應力配筋鋼筋混凝土結構及配件的產品方面，正在進行廣泛的研究工作。

上世紀才首次嘗試採用混凝土與鋼相結合的結構。但是，還在遠古時代于建造實體牆、基礎及路面時，就已經採用了混凝土。例如，2,000多年前在中國建造的萬里長城，其中一部分就是用混凝土造的。在意大利，于羅馬帝國時代（約1,900年前）曾用混凝土修建了水道。經過1,800多年以後，于本世紀30年代，對這種混凝土試樣的研究結果表明，當時的水道工程建築者，已具有制作質量很高的混凝土的才能。自古以來，在蘇聯的各地區，也都採用着混凝土。如格魯吉亞、阿爾明尼亞及諾夫哥羅得等城市的建築，就足以証實這一點。

古代的工作者在當時擁有以下一些拌制混凝土用的最簡單的膠結材料：石灰、石膏；而且也有經常直接就採用粘土的。雖然這些膠結材料並不完善，但當時用混凝土修建的許多建築物，至今還可以作為現代建築技術的范例。例如，羅馬的彭傑安教堂，其屋頂是直徑為42公尺的混凝土圓頂。

自十八世紀末和十九世紀初以來，混凝土建築已獲得了巨大的發展。促使其發展的原因，乃是因為發明了一些新的、更堅強的膠結材料——水硬性石灰及羅馬水泥，而到十九世紀初，在建築實踐中就開始採用了波特蘭水泥。此種水泥的強度很高，同時不僅像石灰和石膏一樣能在空氣中迅速硬化，而且在水中也是如此。因此，在建造一些重要的建築物時，其他的膠結材料已由波特蘭水泥所取代了。在這一時期，在建築技術的各個部門廠房都採用着波特蘭水泥的混凝土：用其修建水工構築物，工業廠房與民用房屋。

混凝土，除了有很多良好的建築性質外，尚具有一個很嚴重的缺點——很脆，這就限制了它在許多荷載作用下受彎的結構（樓蓋、房蓋、橋梁等）中的採用。為了擴大混凝土的應用範圍，就必須解決提高混凝土構件抗彎強度的問題。在混凝土中配以鋼筋，就是為了解決這個問題。

鋼筋混凝土的發明，已肯定是在1867年。當時法國有位花匠Ж·蒙約曾製造了一些鋼筋混凝土的花盆，並因此獲得了在當時認為是一種小發明的專利權。應當指出，把鋼與混凝土相結合的思想，還在很早以前就產生了，如敖德薩的構築物（配以金屬網的混凝土水管）及他種結構物就可得到證明；但是由於Ж·蒙約不屈不撓的精神，鋼筋混凝土才被公認為一種材料。在幾十年間，鋼筋混凝土獲得了廣泛的推行，並成為房屋的承重結構及圍護結構的最重要的一種建築材料。

鋼筋混凝土技術所以能飛速的發展，是由其下述一些良好性質所決定的。

1. 任何一種材料（其中也包括鋼筋混凝土在內），其能否廣泛應用主要取決於它的造價；而材料的造價又首先取決於用在材料上的費用。欲製造1立方公尺的鋼筋混凝土，就必須有

1立方公尺的混凝土拌合物和100—150公斤的鋼料；而1立方公尺的混凝土拌合物，又大約需要1立方公尺的礫石（或碎石）、0.5立方公尺的砂、200—250公斤的水泥及100—120公升的水。混凝土拌合物的主要組成部分是礫石（碎石）与砂，而这些材料都是很便宜的，因为它们的分佈很广，到处皆有，同时在自然界中这类材料的儲藏量是取之不尽的。

2.藉助于不太复杂的制造工艺，便可获得任何形狀及大小的鋼筋混凝土制品——从厚达几公尺的实体的水工構築物，一直到厚为2—3公分的薄壁板与薄壳。

3.通曉影响混凝土及鋼筋混凝土的各种制造工艺因素，能作出具有各种机械指标及物理性能的混凝土及鋼筋混凝土制品。在承重結構（梁、桁架、柱）中，最重要的指标是强度；在房屋的外牆中，导热性就具有重大的意义，而当建造水工構築物时，最重要的指标乃是不透水性。借助于一定的制造工艺方法，並适当地選擇材料，便可制出滿足一定質量要求的混凝土（鋼筋混凝土）：高强度的；导热性小的；不透水的混凝土（鋼筋混凝土）等。这就为在不同的結構及構築物中采用混凝土与鋼筋混凝土开辟了广泛的可能性。

4.在耐久性方面，鋼筋混凝土要高于像金屬及木材等一些材料。它不燃、不腐、不会銹蝕，同时在火災时，不像金屬結構那样會發生变形。鋼筋混凝土構件能稳定地抵抗空气湿度变化的作用，並且不需要特殊的养护。

5.与金屬結構相比較，鋼筋混凝土能使建筑中鋼材的耗用量節約 $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ ，鋼筋混凝土的这一最大优点具有着巨大的国民經济意义。

但是，鋼筋混凝土也有着嚴重的缺点。一般可用所謂結構性質系数（ $K \cdot K \cdot K \cdot$ ）——材料的强度与其容重之比，作为

評定某一种材料优于另一种材料的指标。普通建筑鋼的極限强度平均为4,000公斤/平方公分,而其容重,即1立方公尺的重量等于7,800公斤。对于这种鋼,結構性質系数为 $\frac{4,000}{7,800}=0.51$ 。

1立方公尺混凝土的重量等于2,200公斤;如取其抗压强度平均为300公斤/平方公分,則在这种情况下,混凝土的結構性質系数为 $\frac{300}{2,200}=0.135$ 。

因此,当承载能力相同的条件下,混凝土構件的重量要比鋼構件重2—3倍。但是,鋼筋混凝土構件的重量,只高于鋼構件重量的1—1.5倍。进一步降低鋼筋混凝土結構的重量,乃是建筑工作者和工艺师的首要任务。

在現代建筑实践中,鋼筋混凝土采用的形式有整体式結構与装配式結構两种。整体式結構是直接_{在結構物上}灌筑而成;而装配式結構是在特殊的工厂中进行制造,工厂离开建筑工程項目經常都很远。装配式結構或其配件是以成品的形式运送到現場,以后再安裝在結構物上。例如,若建造一整体式鋼筋混凝土楼板(圖4,a),則首先要設置临时性的模板,一般为木模,模板要与將來楼板的尺寸及外輪形狀相符;然后,在模板中鋪放鋼筋並澆灌混凝土拌合物。待混凝土硬化后,一般不早于混凝土澆灌后的7—10天,再把模板拆除。

因此,为了建造整体式鋼筋混凝土楼板,需要完成兩道工作:先安置模板,以及在其中鋪放鋼筋並澆灌混凝土,然后要一直等着混凝土硬化;只是在硬化后才可以加载于結構之上。于冬季建造整体式結構則尤为复杂。混凝土正常的硬化是要在正溫度下进行的,因此在冬天,对新澆灌的混凝土,于其硬化的初期,必須予以加热。如果混凝土的溫度低于 $+5^{\circ}\text{C}$,則突

实际上就不会硬化，而混凝土过早的冻结，会使其强度完全损失或损失一部分。

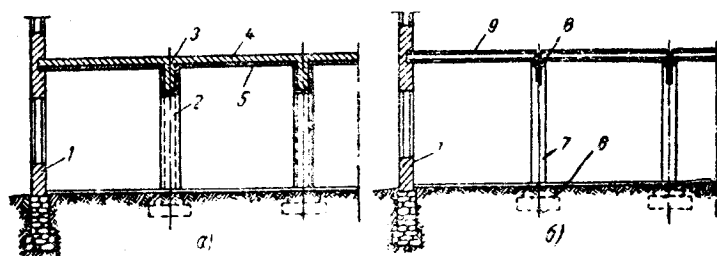


圖 4 鋼筋混凝土樓板的示意圖

- a——整體式樓板：1——房屋的牆 2——整體式柱
 3——整體式梁 4——板 5——模板
 b——裝配式樓板：6——裝配式柱基 7——裝配式柱
 8——裝配式梁 9——空心鋪板

裝配式鋼筋混凝土樓板（圖 4 b）是完全按另一種方式來建造的。把現成的構件：柱、梁及鋪板（板）運送到建築現場後，往後全部的工作就是進行安裝這些構件。這種施工方法使建築工程大大加快和簡化了。在這種情況下，無須安置模板，而由於採用現成的配件，於建造整體式結構時，為等待混凝土在模中硬化所需的時間，在此就可免除了。單是這兩個因素，就足以肯定裝配式鋼筋混凝土在技術經濟方面要比整體式的優越。除上述以外，對採用裝配式結構在技術經濟上的合理性，尚有一些其他的因素也起着不小的作用。

裝配式鋼筋混凝土構件，是在特殊的工廠中或露天預制場上，按嚴密組織的生產工藝規程來進行製造的。這樣就能降低鋼筋混凝土的製作成本，並提高結構的質量及強度。

在工廠中製造鋼筋混凝土結構時，由於有較為完善的成型

方法而可以减小構件的截面去达到节省材料。例如，在建筑現場的条件下，建造板厚为4—5公分的楼板是非常困难的；虽然根据計算，板厚再小一些也还是足够的，但实际上已經不可能再减小了。而在工厂中，制造厚2—3公分的板子並無特殊的困难。

采用裝配式鋼筋混凝土时，由于材料保管得好及其損失少，故可节省大量的材料。因为在工厂中，正确地进行保管水泥、集料及鋼筋等材料，总要比在临时性的建筑現場上簡單得多。

建造整体式結構时，一般都采用木模，每1立方公尺整体式鋼筋混凝土，模板的木材耗用量經常达到1.5立方公尺。由于經常的拆模与立模，会縮短木材的使用期：模板的周轉次数一般不会多于2—4次。这样在建筑中就要消耗大量的木材，並使工程造价提高。采用工厂預制的裝配式構件，就不需要模板，因此可使建筑中木材的消耗減至最少量。

虽然裝配式鋼筋混凝土結構，比之整体式結構具有这些显明的优点，但裝配式鋼筋混凝土运用到建筑實踐中却很緩慢。縱使在30年代初期，首次广泛采用裝配式鋼筋混凝土时就获得了成功的經驗，但整体式鋼筋混凝土，一直到近年来在建筑中仍是佔着优势。

1954年8月19日頒布了苏联共产党中央委员会与苏联部長會議“关于在建筑中發展裝配式鋼筋混凝土結構及配件生产”的決議。这一決議要求尽力采用裝配式鋼筋混凝土構件。只是在特殊的情况下，才允許房屋采用金屬的和木材的承重結構（楼板、柱、屋頂）。

为了保证建筑对裝配式鋼筋混凝土結構及配件的需要，苏联共产党中央委员会与苏联部長會議已責成許多部，在1955—

1956 年內要建成420个預制工厂及 200 个露天預制場，其裝配式鋼筋混凝土配件的年产 总量为770万立方公尺，这样就可保証总面积在3,000 万平方公尺以上的居住、工業及农業房屋的建設。苏联建筑工業化的进一步增長，是不会停留在这一点上的。苏联共产党第20次代表大会的指示中已規定，到1960年时裝配式鋼筋混凝土的年产量要达到2,800万立方公尺。

二、鋼筋混凝土的制造工艺原理

鋼筋混凝土的技術質量決定于混凝土和鋼的物理機械指標。因此，只有在正確地利用鋼筋混凝土的組成材料的性質條件下，才有可能獲得強固、耐久和廉價的鋼筋混凝土制品。

混凝土的組成材料——水泥、水、砂、礫石（或碎石）也影響到混凝土的指標。其中每一種材料都具有獨特的性質，同時其使命是在混凝土中完成一定的作用。混凝土的每一組成成份，其數量和質量的改變都不可避免地要影響到混凝土的質量，從而影響到鋼筋混凝土的質量。

假如混凝土和鋼筋混凝土的物理機械指標僅取決於其組成材料，那麼，情況也許會簡單些。但是，外界條件也起有相當重大的影響，可以把它們這些外界條件稱為制造工艺的因素，譬如：混凝土硬化環境的溫度和濕度，混凝土拌合物澆灌及搗實的方法，材料的拌合物的均勻性（勻質性），最後是在鋼筋混凝土中鋼筋與混凝土的粘結力。只有有賴於對上述一切因素的影響作出正確的估價後，才可能獲得具備所要求的技術經濟指標的鋼筋混凝土結構。

儘管在建築中應用鋼筋混凝土已有了很多經驗，但是，並不總能用給定的材料得到所需質量的制品，雖然對這些材料的特征能夠充分通曉。由累積的實際資料可知，對混凝土（鋼筋混凝土）的物理機械指標及技術經濟指標有影響的主要因素是：材料的質量、混凝土的組成及結構的制造工艺方法。基於此，下面簡略地來研討一下，以上列舉的各因素對混凝土（鋼筋混凝土）有何種程度的影響，及其原因何在。

1. 混凝土所用的材料

由于水泥和水的相互化学作用，使膠結材料（水泥）、砂及礫石（或碎石）的松散拌合物变成了坚强的石材——混凝土。把上述一些材料的拌合物用水調和后，細小的水泥顆粒就与水組成水泥漿，随后，水泥漿又把集料的顆粒包裹起来。由于水泥和水的化学反应，水泥漿逐漸硬化而成水泥石，与集料牢固地粘結在一起，連結成整体的材料。水泥石愈坚强，混凝土中集料的粘結愈牢固，同样，混凝土也愈坚强。

但是，膠結材料的作用並不仅限于使混凝土具有一定的强度。水泥漿減少了集料之間的摩擦，从而可获得和易性好的混凝土拌合物，这对制造制品时，把拌合物密实地澆灌到模板或模型內是必需的。

細集料——砂，及粗集料——礫石或碎石对混凝土的物理机械指标也有相当重大的影响。混凝土拌合物中的粗細集料还可叫做惰性材料，因为它与水泥和本身顆粒間不会發生相互的化学作用。

采用集料可同时达到两个目的。

第一，集料可使混凝土的成本大为降低；在混凝土拌合物中，它代替了其中最貴的部份——水泥，后者的成本要高于集料4—5倍。在混凝土中，集料的数量一般約佔90%，只有10%是水泥石。

第二，硬化时，水泥石要發生收縮。这是由于水分的蒸發，結果使水量減少，以及水与水泥的相互作用而产生的。因