

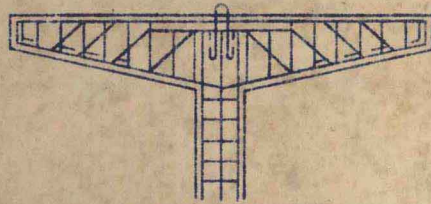
高等教育叢書

東北人民政府文化教育委員會主編

依維揚斯基 著

章 守 恭 譯

鋼筋混凝土結構學



東北教育出版社出版

1952—瀋陽

高 等 教 育 叢 書

東北人民政府文化教育委員會主編

鋼 筋 混 凝 土 結 構 學

工學碩士依維揚斯基教授著

章 守 恭 譯

東 北 教 育 出 版 社

1952—瀋陽

本書係大連工學院教材編譯委員會章守恭教授根據依維揚斯基著『鋼筋混凝土結構學』修正增訂第二版譯出。原書經蘇聯重工業建設部教育處審定為建築工程技術學校學生用教科書。

本書有系統地敘述了鋼筋混凝土結構構件最新的計算及構造方法的原理。據國家建設書籍出版局的說明，除供建築工程技術學校學生用作教科書外，亦可供建築工程學院學生及工程技術工作人員設計鋼筋混凝土結構的參考用書。

讀者對本書如有批評和建議，請投函：『東北人民政府文化教育委員會』

序 言

在第一版「鋼筋混凝土結構學」課本初版出版以後的過去九年中，鋼筋混凝土結構構件的構造及計算方面有了許多變動。爲着符合這些變動，第二版是重寫過了。除此以外，爲了符合重工業建設部教育處批准的建築工程學院課程大綱起見，本書內容方面亦有若干變動。

與初版相較，第一章擴充很多，其中敘述了關於組合材料對鋼筋混凝土結構的構造計算及工作等影響的基本知識，因爲在目前如果沒有關於混凝土特性的知識，就不可能產生質量優良的設計。

當敘述標準的資料及計算方法時，基本上採用重工業建設部1948年設計鋼筋混凝土結構的標準及技術規範（Н и ТУ-3-48）。爲符合這個規範，在計算構件受彎，偏心受壓及偏心受拉時，混凝土內的壓應力圖形採用長方形。

內容的敘述使能與實際設計時所用的公式圖表相結合。爲了掌握這種計算公式及圖表，在課本的各別章節中均有例題。本書最後一章，並載有肋形鋼筋混凝土樓蓋的詳細計算例子，這個例子的基本計算法，是以考慮因塑性變形重分佈力算出的。

著者

目 錄

序 言	頁數
緒 論	1
第一章 混凝土及鋼作為鋼筋混凝土結構中的材料	5
I 混 凝 土	5
§ 1 應用於鋼筋混凝土結構中的混凝土組成	5
§ 2 混凝土的受力性能	7
§ 3 混凝土的彈性	15
§ 4 混凝土的徐變	17
§ 5 收縮及膨脹	18
II 鋼 筋	21
§ 6 鋼筋的型式	21
§ 7 彎鉤彎轉及接頭	25
§ 8 鋼筋用鋼的強度及號碼	27
III 鋼筋混凝土的單位體積重量	29
第二章 計算鋼筋混凝土構件的基本原理	30
§ 9 按破損階段計算的基本原理	30
§ 10 安全因數	31
§ 11 依照結構物限界狀態標準而設計的基本原理	33
第三章 中 心 受 壓	37
§ 12 一般的說明	37
§ 13 有受力縱鋼筋的柱	37
§ 14 有縱向及螺旋受力鋼筋的柱	48
§ 15 有勁性鋼筋的柱	53
第四章 彎 曲	56
I 鋼筋混凝土結構構件受彎的計算	56
§ 16 一般的說明	56
§ 17 受彎時應力狀態的階段及應力的計算圖形	57

§ 18 單筋受彎構件的計算	60
§ 19 雙筋受彎構件的計算	80
§ 20 T形截面受彎構件的計算	89
§ 21 關於勁性鋼筋受彎構件的基本知識	102
II 計算受彎構件的切力	104
§ 22 一般的說明	104
§ 23 受拉主應力的數值及其計算圖形	105
§ 24 鋼箍及斜鋼筋的計算及構造	109
III 鋼筋混凝土板及梁	121
§ 25 求計算彎矩及切力	122
§ 26 梁式板的計算及構造	130
§ 27 梁的計算及構造	135
§ 28 切力及彎矩疊合圖形與材料圖形的繪製	148
第五章 梁式板的肋形樓蓋	156
§ 29 肋形樓蓋的佈置草圖	156
§ 30 求載荷	158
§ 31 求彎矩及切力	161
§ 32 構造	165
第六章 板支持在四邊的肋形樓蓋	168
§ 33 求單孔板中的彎矩	168
§ 34 求多孔板中的彎矩	169
§ 35 截面選擇及構造	172
§ 36 板支持在四邊的肋形樓蓋中梁計算的特殊性	178
第七章 無 梁 樓 蓋	181
§ 37 一般的說明	181
§ 38 無梁樓蓋中構件的構造	181
§ 39 計算無梁樓蓋的實用方法	185
§ 40 柱的計算	191
第八章 偏 心 受 壓	193
§ 41 構造	193
§ 42 基本的計算公式	195
§ 43 不對稱鋼筋長方形截面偏心受壓構件的截面選擇	201

§ 44 對稱鋼筋長方形截面偏心受壓構件的強度複核及截面選擇	206
§ 45 計算偏心壓件的柔性	216
§ 46 有短懸臂柱的計算及構造	218
第九章 中心及偏心受拉	223
I 中心受拉	223
§ 47 一般的說明	223
§ 48 計算中心受拉構件	223
II 偏心受拉	225
§ 49 第一種偏心受拉情形 (較小偏心情形)	225
§ 50 第二種偏心受拉情形 (較大偏心情形)	227
第十章 剛架結構	228
§ 51 一般的說明	228
§ 52 剛架構造的特殊性	229
第十一章 柱下基礎	233
§ 53 一般的說明	233
§ 54 個別柱下鋼筋混凝土基礎的構造	235
§ 55 個別柱下鋼筋混凝土基礎的計算	237
第十二章 裝配式鋼筋混凝土	256
§ 56 一般的說明	256
§ 57 裝配式鋼筋混凝土建築物的基本型式	256
§ 58 基本構件的製造及其結合	261
§ 59 裝配式鋼筋混凝土構件計算的特點	271
第十三章 預應力鋼筋混凝土	273
§ 60 一般的說明	273
§ 61 預應力結構的混凝土及鋼	277
§ 62 用預應力鋼筋混凝土的基本結構物	279
第十四章 計算鋼筋混凝土樓蓋柱及基礎	287
§ 63 選擇柱的置放及梁的佈置草圖	287
§ 64 板	288
§ 65 次梁	294

§ 66 主梁.....	309
§ 67 柱.....	316
§ 68 基礎.....	319
所採用的符號.....	321
各種計算表索引.....	353

附 錄

1. 當均佈載荷及對稱位置相等的集中載荷時，等跨度連續梁中的跨度彎矩，支座彎矩及支座截面處的切力。
2. 按支座彎矩等量於指定載荷情形的均佈載荷。
3. 均佈載荷時等跨度連續梁的彎矩及切力。
4. 集中載荷時等跨度連續梁的彎矩及切力。
5. 當均佈載荷在全部格子面積上時，為計算四邊支持板的表。
6. 求 T 形截面慣性矩的曲線。
7. 橢圓截面軋製鋼筋的種類。
8. 壓屈鋼筋的種類。
9. 竹節式軋製鋼筋。
10. 各種鋼筋間距時板寬每公尺上，鋼筋截面積表。
11. 圓鋼筋的截面積及重量表，並有為鋼筋排成一行時的梁最小寬度。

緒 論

在蘇聯建築物用混凝土及鋼筋混凝土來建造及修理，由於計算方法方面的巨大成就，已保證了鋼筋混凝土在建築界的廣泛應用。斯大林五年計劃時，巨大數量的鋼筋混凝土建築物建造起來了；包括有各種工業部分的多層房屋，裝有吊車設備的巨大單層工廠，鐵路及公路橋樑、水工結構物，各種液體的大規模儲庫，以及水泥煤炭穀物等的倉廩等。

各種型式鋼筋混凝土橋樑的建造，在蘇聯已大有成效。公路及鐵路上建造了許多大跨度的拱橋，此種橋樑非但在跨度上可以誇耀，並且在結構型式上亦甚為特出。

蘇聯的工程師們，用混凝土及鋼筋混凝土在水工結構上，亦獲得了很大的成就，特別是將其建立在鬆軟的地基上，以及作為板樁沉箱結構等的用處上。

在蘇聯混凝土及鋼筋混凝土工作的季節性，亦經消滅，冬季澆混凝土在理論與實際上，以及在冬季澆混凝土工作的數量上，蘇聯均佔世界首位。應用電熱蒸汽等冬季澆混凝土的先進技術，使許多重要的企業，均在短時期及嚴寒的條件下，建造成功。

在蘇聯用裝配式鋼筋混凝土的建築，已有相當的推廣。建築界事實上已有了此類新型的裝配式鋼筋混凝土結構，作為工廠的建築物。住宅及公共建築物方面，此種用個別鋼筋混凝土構件來配裝建造的方法，亦已被採用。此種裝配式鋼筋混凝土結構的應用，特別是工業建築物，在數量上蘇聯遠超過其他國家。

蘇聯的科學工作，對於鋼筋混凝土結構的計算及構造等問題，得到了很廣泛的展開。成立了許多科學研究機構，並且都很有成效的在工作着，在那裡很廣泛的進行了鋼筋混凝土建築，理論及實驗方面的研究工作。此種機構為工業建築中央科學研究院（ЦНИПС），全蘇鐵路運輸科學研究院（ЦНИИ МПС），機器製造工業建設部建築物科學研究院，烏克蘭建築物科學研究院（ЮЖНИИ）等等。

預應力鋼筋混凝土的理論方面，及其在建築上的應用，蘇聯科學亦有很偉大的成就。蘇聯的科學研究及設計機關，在最初的理論與實驗的研討中，表現了對預應力混凝土科學上很有價值的貢獻，在這些研究基礎上，蘇聯學者們將預應力混凝土的計算及結構方法，較其他國家進行得更有成效。建立了鋼筋混凝土構件（樑、軌枕、樑板等）中鋼筋連續應力的原理。產生了新型的大跨度的預應力鋼筋混凝土結構，並在橋樑建築方面，這種結構的研究設計及應用，亦做了很巨大的工作。在蘇聯為了廣泛的應用預應力結構，已經有了必要的一切前提。

無數蘇聯學者如羅蘭脫（Лолезт）格復斯其夫（Гвоздев）施塔也爾馬（Штаерман）派司欠爾那克（Пастернак）司督略羅夫（Столяров）開爾代希（Колдыш）摩拉頭夫（Мурашева）啞納喜克（Овницк）司克拉姆泰也夫（Скрятаев）拍獨爾司金（Подольский）等教授的研究，對混凝土及鋼筋混凝土這一門建築科學

，大大的豐富起來了。他們建立了許多指示，使按照破損階段，計算鋼筋混凝土構件這種更成功方法的工作，代替了在此以前始終在應用的，按照資用應力的計算方法。因此可知並不依靠其他別個國家的學者，在社會主義國家的條件下，輝煌的共同創造了科學研究院，技術工程界，學者與製造家的很有收獲的工作。

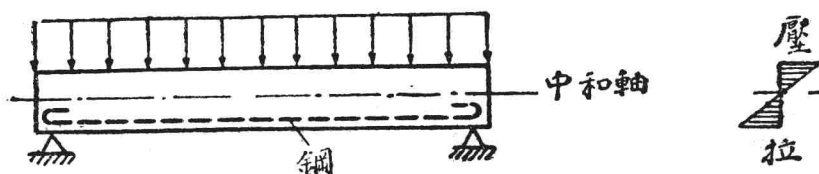
基於按照破損階段的計算方法，蘇聯1938、1946及1948年的標準及技術規範，實為全世界最先進的。

現在更在進行着照限界狀態計算的工作，使各種材料（鋼、木、鋼筋混凝土、石）的結構物，其計算方法亦轉變至更進步的基礎上，即將按照限界情形的計算法，統一規定起來。這樣將使建築結構的計算方法，更進一步的成就。

在進行鋼筋混凝土理論的說明以前，先簡短的將其主要特點略加敘述：

鋼筋混凝土是由混凝土與鋼兩種材料所組成的，在外力或其他可能引起內應力的因素作用下，他們將如整體一般的在同時工作着。

混凝土是一種人工石材，亦像天然石材一樣，抵抗壓力很好，抵抗拉力則很壞。這樣就使沒有鋼筋的混凝土，其應用大受限制。如在第1圖所示的樑內，中和軸下部應受拉應力，中和軸上部應受壓應力。當載荷增加，拉應力即很快的超過了混凝土在彎曲時受拉強度的限值，在受拉區域內發現裂縫，樑亦隨着破損，雖然



第1圖 受彎構件的工作草圖

在受壓區域內的混凝土強度，此時還離充分的利用尚遠。

所以當結構物或其構件受拉或受彎時，不加鋼筋的混凝土應避免使用，否則此種構件的尺寸必然將非常的大。爲了免除此種不合理的結構，在混凝土構件的受拉區域內置有鋼筋，使其支持拉力，壓力則通常仍由混凝土支持，中心受壓的構件在很多情形時，混凝土加鋼筋亦屬有利。

這樣兩種在受力及物理性能上均大不相同的材料，其同時合力工作的可能，是由於下列的理由：

- 1) 當混凝土結硬時，將與鋼筋很堅強的結合，結果成為整體的鋼筋混凝土構件，當受力而工作時，此構件中鋼與混凝土相鄰近的面層，得到相同的變形。
- 2) 鋼與混凝土約有相同的溫度膨脹係數（混凝土內，此值約為 0.00001 至 0.000014，而鋼筋內，則等於 0.000012），所以溫度的變遷，不致破壞鋼筋混凝土的整體性。

3) 混凝土包住鋼筋後，可很好的並且很可靠的防止鋼筋銹蝕。

鋼筋混凝土作為建築材料，確有許多性能上的優點：

耐火性——在建築結構中，鋼筋混凝土是耐火的，因為混凝土是比較不良的傳熱體，也就是可以保護其內部的鋼筋，不致因很快的燃燒，即到達鋼鐵的危險溫度

。甚至經較長時期的燃燒，鋼筋混凝土的損毀，亦僅屬表面性質。

耐久性——鋼筋混凝土結構中，混凝土的強度在若干時日後，非但不減小，反而增加，除此以外，上面亦已提到，水泥漿包住鋼筋，可保護不致生鏽。著者曾考察過在留存海水中五年以上的鋼筋混凝土殘餘，露出的鋼筋兩端均被鏽蝕，而位置在混凝土內部的鋼筋，則完全未受影響。但若混凝土有裂縫，或鋼筋上水泥漿並未全部蓋沒時，鋼筋的鏽蝕危險，即不能免除。

整體性——由於其本身的整體性，鋼筋混凝土能很好的抵抗震動力量。鋼筋混凝土的整體性，對於地震區域的建築物，更有其特殊重大的意義。當強烈的地震時，鋼筋混凝土建築表現了很大的穩立度。除此以外，對於暴風浪的作用，亦同樣很為可靠。

剛性——鋼筋混凝土結構的高度剛性，可被有效的應用在要求最小變形的各種重要建築物上，如像精密機器製造業的房屋建築等等。鋼筋混凝土結構在載荷下，僅發生極小的撓度。

可模性——用鋼筋混凝土可澆成任何形狀的結構物，及任何建築上的花樣。

利用就地材料——鋼筋混凝土很有價值的品質，即為其可能利用就地材料，石子或卵石與沙，在鋼筋混凝土的體積中，佔基本的地位，因此在運輸上，以及其保存待建的特別設備上，這種費用均可免除。

修理費用甚小——鋼筋混凝土建築物的修理費用，幾與石材建築物同樣的少，而與鋼材或木材建築物的修理費用相較更屬微小。

除鋼筋混凝土上述顯著的優點外，另一方面亦有許多缺點：

費工大——建造整體的鋼筋混凝土建築，需要化費很多的工數。但當機械化操作，或裝配式鋼筋混凝土，其各個別構件係在工廠製造時，則在工地僅為豎立工作，對勞動力的要求，自大為減小。

費木料多——在建造鋼筋混凝土建築時，必須建立支承架及模板，化費木料甚多。這個缺點在應用裝配式鋼筋混凝土時，亦可同樣的避免一部分。

整體鋼筋混凝土所費木料，在擬訂正確的建造計劃時，如能容許逐段進行，即可利用移動及捲動的模板，使其減至最小，如像煤塔，煙囪，穀庫，長隧道，工廠房屋等等建築物。又應用標準或儲備的支承架及模板，化費木料同樣亦可減少。

本身重量大——鋼筋混凝土的本身重量甚大，所以應用在大跨度的結構上，顯屬不利。但須注意由於空間結構如起拱屋蓋及樑等，現時已被廣泛採用，且有應用輕質粒料如浮石凝灰岩等的鋼筋混凝土，以及預應力鋼筋混凝土結構等，此缺點的去除，亦已有相當成就。

必須維持結構物在模板內——必須維持結構物在模板內的缺點，主要為降低建造速率。適當的混凝土工作法，及採用特製水泥，亦已使此缺點減輕。應用裝配式鋼筋混凝土，則此缺點幾被全部免除。

傳熱傳聲性——鋼筋混凝土性質中其他缺點，如其有相當的傳熱性及傳聲性，同時在改正修理及拆除已成建築物等等，又很困難。逐漸發達的蘇聯熱絕緣及聲絕緣材料工業，以及在衛國戰爭時期，為重建鋼筋混凝土建築物，建築家所積累的常

大經驗，已可有充分的信心，使這些缺點減至最小。

須注意鋼筋混凝土技術加速的前進，建築業的工業化，以及廣泛的滲入了先進的斯達哈諾夫式的工作方法，幾乎使不久認為鋼筋混凝土不可避免的缺點，完全消除。

第 一 章

混凝土及鋼作為鋼筋混凝土結構中的材料

I 混 凝 土

§ 1. 應用於鋼筋混凝土結構中的混凝土組成

a) 水 泥

建築材料中混凝土有一特點，即普通均在工地拌製，很少數是由中心的或區域的工廠製成，其所用水泥及粒料的品質與特性，常有很大範圍的差異，所以混凝土的品質與特性，亦非常不同。

鋼筋混凝土結構中所用的混凝土，應以波特蘭水泥及其同類（鎂性及混合性時，其號碼不低於 200），普查蘭水泥（即火山灰水泥），爐渣波特蘭水泥，及礬土水泥製成。

波特蘭水泥須合乎蘇聯國定標準 ГОСТ 970-41『水泥：波特蘭水泥，普查蘭波特蘭水泥，爐渣波特蘭水泥』一條的規定。礬土水泥須合乎 ГОСТ969-41『礬土水泥』一條的規定。

其中最常用的為波特蘭水泥。

在選擇水泥的種類及號碼時，通常須依據下列的條文：

1) 波特蘭水泥及礬土水泥的號碼超過混凝土號碼，不宜小於 1.8 倍，普查蘭及爐渣波特蘭水泥，則不宜小於 2 倍。如波特蘭水泥的號碼超過了混凝土強度 2.5 倍以上，則為了水泥的經濟起見，混凝土內可加入細磨的水凝加料，甚至在個別情形下，用細磨而不起化學作用的加料。

2) 重要的建築物，其使用時期的應力既高，且又處在普通濕度的環境時，應指定用高號碼的波特蘭水泥及礬土水泥；不重要的建築物，使用時期的應力不大，但仍屬普通濕度的環境時，則可指定用低號碼的波特蘭水泥及爐渣波特蘭水泥。

3) 如建築物在使用時期內，須有海水沼澤水等的作用，對波特蘭水泥均屬有害，即應採用普查蘭波特蘭水泥或礬土水泥。在浸蝕特別厲害，如工業或日常流污水的地方，混凝土表面更要求加以特別保護層。

受水壓的水工建築物如蓄水庫聚水池等，及地下建築與結構物，常處在高濕度但並無高溫度的條件下，同樣亦宜採用普查蘭波特蘭水泥。

4) 爐渣波特蘭水泥的應用，與波特蘭水泥相同，但同時在水工及圬工建築物時，亦可同樣代替普查蘭波特蘭水泥。爐渣波特蘭水泥亦可應用在炎熱的工廠建築，如鑄工場熱處理場鍛工場等等。

5) 當混凝土的設計強度，必須於短時期內（三至六天）獲得時，宜用礬土水泥。又建築物須受含硫酸鹽的水所作用，或製造耐火混凝土時，亦應採用。

結構物如與鹼性溶液相接觸時，礮土水泥不宜應用。

爲了避免有害的收縮影響，因其與水泥數量的增加有關，同時以配合某一號碼混凝土的經濟觀點而論，均要求含水泥量最可能的減少。

鋼筋混凝土的結構物，水泥的耗費量不應小於一顯著的最小限，以保證混凝土有足够的緊密度，而使鋼筋不致生銹。此最小限因結構物所處的條件，及澆混凝土時所用的搗實方法而異。

在鋼筋混凝土結構物中，如水泥號碼與混凝土號碼的比值小於 2.5 時，一立方混凝土的含水泥量不應小於第 1 表所示的各值：

第 1 表

鋼筋混凝土結構物中 1m³ 混凝土的最小含水泥量 (kg)

結 構 物 的 性 質	澆 製 混 凝 土 時	
	用 震 動 器	不 用 震 動 器
室內的鋼筋混凝土結構物	200	220
室外的普通鋼筋混凝土結構物	220	250
直接與水接觸並可能有部分凍霜作用的結構物	240	265

當水泥號碼與混凝土號碼的比值大於 2.5 時，混凝土內含水泥量與所加入的磨細加料總數，同樣亦不得低於第 1 表所示的數值。此時波特蘭水泥與加料的混合體內，水泥含量應佔不少於 70% 混合體的總重。

6) 粒 料

粒料因其粒子的大小，可分爲粗粒料與細粒料。

普通混凝土粒料的品質，用沙與卵石，用堅硬耐久石材所成的石子，並亦用碎磚。

輕質鋼筋混凝土可用天然或人工來源的粒料，如浮石沙，火石岩塊，碎磚及燒土結塊，但均須滿足強度的條件，又如證明不易碎的煤碴，鼓風爐或酸性碴粒，及鹼性與酸性爐碴的爐碴沙等等。

混凝土的粒料應滿足蘇聯國定標準 IOCT 2779-44 條『普通混凝土卵石料的技術規範』，IOCT 2781-44 條『普通混凝土天然沙料技術規範』；IOCT 2780-44 條『普通混凝土天然石材的石子料技術規範』；IOCT 2778-44 條『普通混凝土礦質粒料—卵石石子及沙』；OCT HKTH 6819/390 條『建築用火山岩沙』及 IOCT 3192-46 條『普通混凝土碎磚料』。

和混凝土用的水必須清淨，不含油酸鹼類及其他有害物質，其數量以不對混凝土有不良影響爲度。

海水亦容許作爲和混凝土用，但須計算及其可能減低混凝土強度至 20%。

第 2 圖上表示已結硬混凝土的放大切面照相片。在此片上顯然可見膠合石材內，各種大小形狀的粒料粒子——沙及卵石——相互嵌入的情形。

混凝土內粒子本身的位置是很隨便的，而各粒料粒子及膠合石料的性質亦各不

同，所以混凝土照其結構形式而言，不可能成為勻質體。判斷這種非勻質體的性質，僅可能由大量試驗及實驗室的研究，到達可確信的近似值。這種數值的求得，即可能得出關於混凝土性質的結論，並應用他作為計算鋼筋混凝土結構物構件的資料。

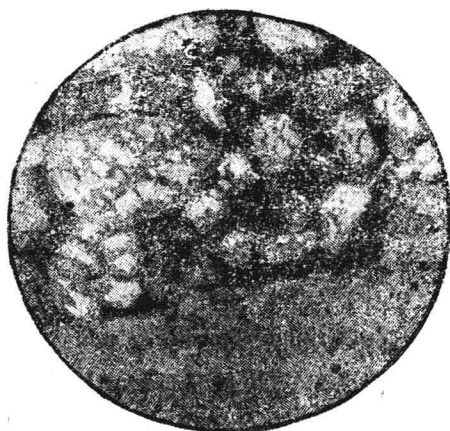
§ 2. 混凝土的受力性能

a) 壓力強度

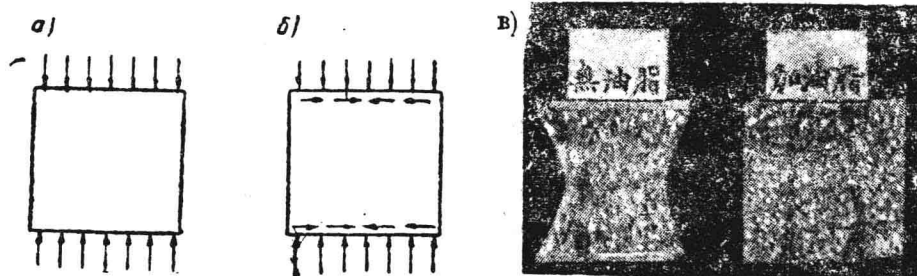
立方強度——混凝土的受壓強度是最應研究的對象。為了明瞭這種強度，立方或長直形的試件，須在特別壓力機下加以試驗。

今觀察試驗混凝土立方的簡單步驟：

在壓力作用下，立方的垂直面均將縮短，同時立方在橫向亦開始擴展。但由於與壓力機上枕塊相接觸的表面，將發生摩擦阻力，抵抗此種立方橫向自由擴張的現象。



第 2 圖 結硬混凝土上的放大切面



第 3 圖 混凝土立方試驗時計算的 (a) 與實際的 (b) 載荷情形及破損情形 (c)

象。所以立方的實際載荷情形，將與計算的情形（第 3 圖 (a)）不同，而成為第 3 圖 (b) 所示的情形。

立方在破損時，可得兩截錐體相聯在中部較小基面上的普通形式。（第 3 圖 (c) 左）

若在混凝土表面與壓力機上枕塊間，加一層油脂，則摩擦力將非常微小，不能阻碍試件橫向的變形。試件破損的形式，將為第 3 圖 (c) 右所示。此時所得的破損載荷，將較有摩擦力時的小。

立方強度係採用立方體表面間無油脂（亦即有摩擦力）的強度限，即將其破損載荷除以截面積，得

$$R = \frac{N_p}{F}$$

試件絕對尺寸的影響。由試驗可知，試件的尺寸確實是能影響試驗的結果。當

以 28 天的立方體，組成成分相同，但各邊的尺寸——15, 20 及 30 公分——均各不相同，在工業建築中央科學研究院混凝土實驗室試驗時，得出各種相應的強度限值為 160, 140 及 129 kg/cm²。較小試件的強度增加性，即為其支持表面的摩擦力較大所產生。

對此可以簡單的說明如下：試件的上下兩表面上，其摩擦力的影響，假設即為增加混凝土受壓強度的原因。支承邊界對於面積的關係愈小，其摩擦力的影響亦愈小。立方體的此種關係等於

$$4a : a^2 = \frac{4}{a}$$

亦即試件增大，上式的數值減小，而摩擦力的影響亦愈小。

立方強度試驗時的試件標準尺寸，標準及技術規範規定立方體為 20 × 20 × 20 cm。如屬非標準的立方體試件，其試驗結果應化成 20 × 20 × 20 cm 立方體的強度，如為 15 cm 邊的立方體，應乘的係數 0.9，而 30 cm 邊則乘以係數 1.1。

長直強度。試驗的式樣主要的影響了試驗的結果。

試件高度增長，亦即長方體高度與截面邊比 h/a ，或圓筒體高度與直徑比 h/d 增加時，試件的強度減弱。

此處亦有相當程度可說是支承摩擦力的作用。試件的高度增加，支承摩擦力的影響即小，試件橫向的伸漲，亦將更易自由，而材料在較小的載荷下，即可能達到強度限值，此值稱為長直強度 R_{np} 。因此 h/a 或 h/d 比值增加，支承摩擦力的作用減小，而當 h/a 比值取約等於 7.5 時，試驗結果上，即不再表示有任何影響。

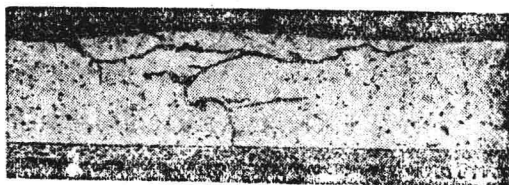
在無數的試驗基礎上，可確認混凝土的長直強度，應比立方強度小甚多，而 $\frac{R_{np}}{R}$ 比值不僅隨 h/a 或 h/d 比值的增長而減低，且在相同高度的長直體或圓筒體時，增加混凝土的號碼，亦將減低 R_{np}/R 比值。

1946 年的標準及 1948 年的標準及技術規範，均採用長直強度的意義，依照格復斯其萬 (Гвоздева) 教授的經驗公式得出，即

$$R_{np} = \frac{1300 + R}{1450 + 3R} R$$

此處標準及技術規範對於長直強度 R_{np} 的意義，為高度至少等於三倍方形基邊的長直體混凝土的受壓強度限值。

彎曲時的受壓強度。第 4 圖表示用鋼筋百分率很大的梁，破損時的情形，此時梁的強度，僅依混凝土彎曲時的受壓強度而異。破損特性表現在混凝土受壓區域發生裂縫，成與梁邊平行的形式，即可據此測驗彎曲時混凝土受壓的特殊工作，可知與立方體或長直體受壓的工作，並不相似。



第 4 圖 鋼筋百分率很大的鋼筋混凝土梁，其受壓區域破損的特性

很早已經證明，彎曲時混凝土受壓強度 R_u ，高於長直強度 R_{np} 。工業建築中央科學研究院，對梁及偏心壓拉的試驗，證明了中低號碼的混凝土時，其與立方強度計算公式時所觀察得的結果，頗為相符，高號碼的混凝土時，則與其立方強度試驗中較低的數值，亦屬相符。

為了聯繫上述關係，標準及技術規範採用彎曲時，偏心受壓及偏心受拉時，混凝土受壓強度的限值，與其長直強度成比例，且可用經驗公式指定如下：

$$R_u = 1.25 R_{np}$$

事實上中低號碼的混凝土，此值即等於立方強度，而高號碼的混凝土則略小。

長直強度與彎曲時受壓強度的關係，尚未充分的研究出。但標準及技術規範所採用的公式，很相符於按破損階段計算的結果，因此在實際應用時，已可稱完全正確。

由上可知，混凝土受壓強度的真正概念，應為有條件性的。

6) 受拉強度及混凝土的引伸性

中心受拉。混凝土受拉時的強度限值 R_p ，較受壓時的強度限值 R 小甚多。建立受拉強度的真實限值極為複雜，因連繫到很大的困難，使其試驗結果必致各個大不相同。幾乎全部影響混凝土壓力抵抗的因素，此處亦屬適合。除此以外，材料的不勻質性，亦有很大的差別，如作用於重心軸的位置上，亦依各截面石子的位置而不同，可能並不與其幾何軸相符合，因此又發生了由於偏心作用力的外加應力。

在試驗結果的基礎上，1948年的標準及技術規範採用了下列混凝土受拉與受壓間強度的關係，即

$$R_p = \frac{1}{2} \sqrt[3]{R^2}$$

照此公式計算，與無數試驗結果，都能很好的相符。

為了增高混凝土受拉的強度限值，應要求混凝土組成最緊密的結構，如正確的選擇粒料的粒度大小，組合及其配合數量，同樣在準備及澆製方法方面，亦應保證有很好的搗實。

彎曲時受拉。此種形式的強度，以混凝土梁受彎曲時來決定，是非常有條件性的。當混凝土試件受彎時，同時發生壓應力及拉應力，而混凝土的受拉區域最先破損。在受拉區域開始出現裂縫時，中和軸即很快的向受壓的邊緣移動，梁也就很快的被破損。

如彎曲應力依照材料力學上的普通公式

$$\sigma = M / \frac{bh^2}{6}$$

求得，則由試驗所得的彎曲時混凝土受拉強度限值，將比混凝土受純拉強度限值大甚多（約1.7至2.3倍）。實際上彎曲時受拉強度限值，應與中心受拉時相同。所以實在並非強度不同，而係普通材料力學公式，應用於混凝土材料並不正確，因為沒有計及混凝土的塑性特質。