

9222/48

房屋的可許沉降量

A.W.史堪普敦 合著
D.H.麥唐納

建筑工程出版社



房屋的許可沉降量

蔣 緯 譯

江苏工业学院图书馆
藏书章

建筑工程出版社出版

· 1959 ·

内容提要 本書是英国倫敦大学土力学教授史堪普敦博士及加拿大愛哥斯公司職員麥唐納博士二人合作的一篇論文，發表于英国土木工程師學會匯刊1956年12月第5卷第3期(Proceedings of the institution of civil engineers, Volume5, Number3, December1956)。

書中根据收集的98幢房屋的沉降觀測記錄及現在损坏实际的資料，按房屋的使用性質、建筑型式、結構类型、基础种类和地基情况作了細致的分析和統計，建立了最大沉降量和最大差異沉降量間的，以及和撓曲度間的关系，并提出了設計用的許可極限值。文末并有十多位学者的討論意見。

本書可供地基和基础研究人員及結構設計人員参考。

原本說明

書 名 THE ALLOWABLE SETTLEMENTS OF BUILDINGS

著 者 A.W.Skempton, D.H.MacDonald

出版者 The institution of civil engineers

出版地点 London—1956

及 年 份

房屋 的 許 可 沉 降 量

蔣 緯 譯

*

1959年11月第1版

1959年11月第1次印刷

2.245册

787×1092 1/32 • 65千字 • 印張2¹³/₁₆ • 定价(10)0.38元

建筑工程出版社印刷厂印刷 • 新华書店发行 • 書号: 1364

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业營業許可証出字第052号)

房屋的許可沉降量

蔣 緯 譯

建筑工程出版社出版

· 1959 ·

内容提要 本書是英国倫敦大学土力学教授史堪普敦博士及加拿大愛哥斯公司職員麦唐納博士二人合作的一篇論文，发表于英国土木工程学会汇刊1956年12月第5卷第3期 (Proceedings of the institution of civil engineers, Volume 5, Number 3, December 1956)。

書中根据收集的98幢房屋的沉降观测记录及現在损坏情况的資料，按房屋的使用性質、建筑型式、結構类型、基础种类和地基情况作了細致的分析和統計，建立了最大沉降量和最大差異沉降量間的，以及和撓曲度間的关系，并提出了設計用的許可极限值。文末并有十多位学者的討論意見。

本書可供地基和基础研究人員及結構設計人員参考。

原本說明

書 名 THE ALLOWABLE SETTLEMENTS OF BUILDINGS

著 者 A.W. Skempton, D.H. MacDonald

出版者 The institution of civil engineers

出版地点 London—1956

及 年 份

房屋 的 許 可 沉 降 量

蔣 緯 譯

*

1959年11月第1版 1959年11月第1次印刷 2.245册

787×1092 1/32 • 65千字 • 印張2 13/16 • 定价 (10) 0.38元

建筑工程出版社印刷厂印刷 • 新华書店发行 • 書号: 1364

建筑工程出版社出版 (北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业营业許可証出字第052号)

目 录

出版說明	(4)
概 述	(6)
一、引 言	(6)
二、房屋框架的应力	(7)
1. 填充牆的裂縫	(10)
2. 承重牆	(11)
3. 视觉上的极限值	(12)
三、許可沉降量准則的性質	(12)
四、撓曲度的資料	(14)
1. 利用直接的实测資料确定撓曲度的极限值	(14)
2. 利用間接資料推测撓曲度的极限值	(17)
3. 直接和間接資料的綜合說明	(22)
五、沉降量准則間的关系	(24)
1. 最大沉降量与撓曲度的关系	(24)
2. 最大差異沉降量和撓曲度的关系	(32)
六、最大沉降量的資料	(35)
七、最大差異沉降量的資料	(49)
八、损坏极限值的总结	(49)
九、安全系数	(51)
参考文献	(54)
附录 I 三份实例記錄的内容	(57)
附录 II 有关房屋許可沉降量的論著	(59)
附 論	(62)

出版說明

房屋的“許可沉降量”是一个很复杂的問題。就目前情况來說，用一般的材料力学、結構力学和土力学的分析方法，来对各种結構型式的房屋和某种地层，要准确地求出它的沉降量和沉降形式，以及預計是否会发生裂縫等损坏情况，几乎是不可能的。因为这是一个建筑物整体的問題，包括結構、非結構构件和地基土壤共同起作用的高次超靜定的問題。对待这种极其复杂而又包含很多不肯定因素的問題，一种比較簡捷的解决方法就是不从理論上来計算分析，而用通过最終效果的观察和調查来統計研究。本書的結論就是用这种研究方法得出的。

本書共收集了98座房屋的沉降紀錄及损坏实况的資料，作为最后結論的原始依据。必須注意这些素材的原則性實質。它們反映了这些房屋的建筑格局、結構設計、地基情况、材料及施工等問題。同时必須充分了解这些問題和实际个别設計的異同之处，因此本書中的結論还不能作为設計工作的实际依据。

对我們的情况來說，最主要的差別可能就是結構設計的理論原則問題。这些房屋建于1860至1952年期間，分布于欧洲、南北美洲、非洲、亞洲等地区的資本主义国家中。他們的結構計算方法，由于資本主义国家經濟基础条件所限制，全是采用落后的材料彈性阶段許可应力的假設（这一点書中也曾提及），和我們的极限状态設計方法有較大的出入。我們設計的房屋較为經濟，实际应力比較接近設計应力（当然沒有計及沉降的附加应力），但

他們的較為保守，潛在強度可能較大。举例說，对于同样一所房屋，受到同样的差異沉降量，可能有这种情况：即他們設計的房屋還不見得有損坏，而我們的就會發生一些問題。因為他們採取的安全系數過大而計算方法也不同。因此，結構計算原則的差別，對能承受的附加應力的大小將有很大的影響。其次，如建築布置、裝修物的作法、材料應用及施工方法等等，對於差異沉降後房屋的損坏程度也有關係。換言之，本書的結論並不一定能符合我們的情況。因此，書中建議的極限值只能供我們參考，數值的採用必須經過仔細研究。而且在這方面，蘇聯的“房屋和工業結構物天然地基設計標準及技術規範”（ННТУ127-55）有更具體而明確的規定，與我們的情況較為合適。

但本書的實例資料十分豐富，深入而廣泛地討論了房屋沉降量的問題，是有一定的參考價值，所以我們將此書翻譯出版了。

本譯稿曾請北京市規劃局地質地形勘察處張國霞工程師審閱過，提出了不少對譯文的修改意見。後請該處孫天德工程師對譯文作過詳細的校訂，大大地提高了譯稿質量，特此致謝。

本 社

概 述

为了合理地設計基础，房屋許可沉降量的知識是必需掌握的。普通的結構分析方法，只能解决其中一部分的問題，因此还必需依賴对实际房屋进行观察。本文总结了98座房屋現有資料的观察結果，其中58座迄今完整无损，40座由于沉降的緣故，发生了不同程度的损坏。通过这些观察，有可能建立房屋损坏极限值的試行数值。这个数值系由撓曲度来表示，同时也可以近似地用最大沉降量和差異沉降量来表示。本文并提出可作为設計依据的許可沉降量和撓曲度。这些可資利用的資料涉及承重牆建筑物，及帶有磚或其他类似构造的填充牆的鋼或鋼筋混凝土框架房屋。

一、引 言

利用土壤野外或試驗室的試驗結果，来預計房屋的最大沉降量，是有一定程度的可靠性。粘土的沉降通常是最重要的。根据計算与实际观察的比較，証明这类土的計算方法中一般有不大于50%的誤差^{1①}。关于砂質土壤，計算方法差不多常常很难令人滿意，所幸的是在大多数情況下，砂的沉降量比粘土要小得多。

① 旁注数字是指參考文献的目次（下同）。

如果設計者不了解他所設計的房屋的許可沉降量，則沉降分析無論作得如何正確，其實用價值也是有限的。換言之，許可沉降量的知識和進行沉降計算的能力是同等重要的。然而前一個問題却很少被人注意。

基礎研究中所以有這種不協調情況，其原因之一是由於用一般的結構方法來計算房屋的許可沉降量是十分困難的。因而必需利用觀測的方法來解決這個問題。但這種方法與統計學類似，只有在具備了相當數量的實例記錄後才能採用。只是在过去15年中，才發表了充分數量的記錄可供觀測研究。但是這些資料幾乎全部都限於承重牆建築物，和那些可稱為一般型式的鋼或鋼筋混凝土梁柱組成的框架房屋，這些建築物帶有磚填充牆（有時以石板鑲面）及磚或砌塊隔牆。對於有新型幕式牆和隔牆的框架房屋，簡直找不到任何可以應用的資料和數據。這一情況在閱讀本文時應予特別注意。

實際上，對那些較為一般的型式的房屋來說，作者也只能作出其許可沉降量這一課題的初步鑑定。

二、房屋框架的應力

框架房屋的結構設計，包括梁和柱的應力計算，慣常假定是沒有差異沉降的。但是如果發生有差異沉降，框架中的應力變化也可用同樣的分析方法來計算。例如曼耶霍夫（Meyerhof）²分析了一座3跨5層鋼筋混凝土框架，發現在 l 等於25呎（7.62公尺）之跨度中，差異沉降量 δ 為0.315吋（0.80公分），（即撓曲度 $\delta/l=1/950$ ），這使在沉降發生前原已承受了最大撓矩的梁，

又增加了74%的撓矩。这种程度的增加，按理会使原先已达工作应力的梁引起开裂损坏。但从本文以后所提到的資料来看，可以肯定1/950的撓曲度实际上是不会产生裂縫的。甚至在撓曲度再大一些时，在現有的房屋框架上也沒有发现裂縫。

对于这种反常的現象，至少有三种可能的解釋：（1）設計中假設的活荷載与房屋的实际平均荷載比較，必然是保守的。（2）由于这种保守的活荷載假設，以及由于框架、樓板、牆共同工作的緣故，房屋框架的应力和变形将比設計值为低。（3）框架中由差異沉降所增加之应力，也可低于用通常靜力方法分析的、只单独考虑框架的作用的計算結果。

关于房屋的平均活荷載，已有充分的証据說明这是較設計所用的数值为小。^{3, 4} 对于上述第二种解釋，即指在沒有发生差異沉降时，房屋框架的实际应力小于通常所采用的工作应力，这一論点还缺乏論証材料。但有一个例子可以用來說明这一問題。在倫敦白宮花园政府新办公大楼进行实測的結果表明⁵，当1951年建成时，梁的最大应力在計算值的1/4至3/4之間；此外，由活荷載作用而增加之应力，同計算所得的数值相比，在大多数情况下是无足輕重的。1933年对倫敦肯布兰（Cumberland）旅館的鋼架結構进行荷載試驗时，也得到类似的結果⁶。当鋼架未复盖时，梁应力較計算值約低10%，但当鋼架已复盖及樓盖建成以后，每單位作用荷重之应力只相当于鋼架未复盖时的40%至50%。关于柱的应力情况，当可預料到是有所不同的。例如1931年在甘新頓（Kensington）的地質博物館所作的实測表明⁷，当时鋼架已有复盖，樓盖也已建成，柱的軸向应力同經仔細估計实际荷載的計算結果很接近。但弯曲应力却大于以当时通行設計方法所計算的結果。因此，考虑到通常保守的活荷載假設，可以說柱的实际应力同許可数值相差是不大的。

現有資料指出，鋼筋混凝土房屋的情況與鋼架房屋大体上是類似的。例如1911年對兩座美國倉庫建築⁸進行了研究，試驗所用之荷載等於設計活荷載，發現梁的最大應力約相當於計算值的50%至75%。同時在另一座無梁樓蓋式的倉庫中，雖然混凝土的應力已接近於當時房屋規範所規定的允許值，但鋼筋的應力卻未超過許可值的一半⁹。1952年在約翰乃茲堡（Johannesburg），對一座在1942年建成的現代化的鋼筋混凝土房屋，在樓蓋上進行了試驗，結果也指出，普通的設計方法是存在着一定程度的保守性質¹⁰。關於鋼筋混凝土房屋的柱子應力，只有很少一些現場資料，但目前似乎還找不出什麼理由，認為上述有關鋼柱所得出的結論，至少在大体上，不能同樣適用於鋼筋混凝土柱。

現在來研討一下由差異沉降所引起的應力問題。據作者知道只有兩份鋼架房屋的記錄，對差異沉降所引起應力變化的觀測值和計算值作了比較。第一份是新奧爾良（Orleans）的慈善醫院的資料¹¹，這是按測量所得的沉降量計算的，同時對鋼筋混凝土樓蓋的剛度作了某些估計，結果表明，在其中一根柱子上的最大應力已經超過了鋼材的屈服限度。雖然沒有測量框架的應力，但從這根柱子的撓曲情況來推斷，可以認為應力已接近計算值。第二份是前已提及過的白宮花園大樓的資料¹²，它與慈善醫院的情況有顯著的不同。在白宮花園辦公樓的一些柱和梁上量得的、由於差異沉降所產生的彎曲應力，約為計算值的30%。這數值不能完全從字面上來理解它。這是因為分析計算是按照簡單的框架作用來進行的，而實測的數值則是代表更為複雜的結構作用，是牆、樓蓋及框架的共同作用的結果。所以不容易得出一個簡易的數值來表示計算的及觀測到的應力比值。

從上述例子中可得出一般論，即從房屋框架的應力計算中，要預計一個許可差異沉降量是有困難的。

1. 填充牆的裂縫

一般型式的框架房屋的現場情況說明，許可沉降量主要是由避免填充牆和牆面裝飾發生裂縫來控制，柱和梁的過度應力還是次要的。這一點是相當重要的。但還應指出，斜向拉桿在某些情況下對於差異沉降比填充牆更為敏感。

框架房屋由於沉降而損壞的可分為下列三種情況：

- (1) “結構損壞”只包括框架，即柱和梁的損壞。
- (2) “建築損壞”只包括填充牆、樓板或裝飾面的損壞。
- (3) 結構和建築共同的損壞。

將25座遭受損壞的框架房屋的記錄進行了分析研究(見表7)，按上述損壞情況分列於表1，並將房屋區分為兩種主要類型：

(a) “廠房”型，如倉庫、車間等，其中很少有內牆和裝飾。

(b) “辦公樓”型，如辦公樓、住宅、醫院和旅館等。

框架房屋不同損壞情況的出現頻率

表 1

損 壞 情 况	損 壞 房 屋 的 數 目	
	(a) “廠房” 型	(b) “辦公樓” 型
(1)結構損壞	2	0
(2)建築損壞(包括傾斜)	4	8
(3)結構及建築損壞	4	7
總 計	10	15

從表1中可以明顯地看出，只有梁柱的損壞而不帶有“建築

损坏”的实例是很少有的。据作者所知只有二个这样的例子，而且都是輕型的、无复盖物的鋼架房屋。与此相反的，有12个实例完全是在墙（內墙或外墙）、楼面、裝飾面上发生损坏。在13个发生結構损坏的实例中，11个同时产生了墙的裂縫。

在房屋扭曲較小时，建筑损坏，如墙裂縫等，較結構损坏更易发生，这也可从最近在房屋研究所（Building Research Station）所进行的試驗来証明^①。这些試驗是在与实物尺寸同样大小有复盖物的鋼架上施加一推力；有的鋼架是敞开式的，有的是带有以4½吋（11.4公分）实心磚、3吋（7.6公分）空心磚或3吋爐渣磚块砌作的各种填充墙。当撓曲度 $\delta/l=1/120$ 时，敞开式框架开始出現裂縫，但当砌以填充墙后，撓曲度在1/450至1/300之間的时候，各种不同的墙上便出現裂縫。因此，填充墙撓曲度的极限值約为敞开式框架的1/3。有意义的是，試驗所得的、在填充墙上产生裂縫的扭曲数值同本文所得出的 δ/l 损坏限值是十分相近似的。

这些試驗以及表1所列的实际資料証明，框架房屋的許可沉降量，在大多数实例中，是由墙和其他非結構构件的受力情况来决定的。但这些构件的許可撓曲限值，一般很难計算。所以除了个别情况外，許可沉降量只有靠对实际房屋进行观察，或作与实物尺寸同样大小的模型試驗求得。

2. 承 重 墙

对于承重墙的撓曲度极限值，同样很难用計算来求得，因它有窗和門洞、徐变和种种不确知的因素。所以也只能依賴于实际房屋的現場資料来求得解决。

① 湯姆司（Thomas）对試驗情况有簡要的叙述¹³。該資料在华达（Ward）²⁷和受耶霍夫¹²关于基础的研究文章中已經被引用过。

3. 视觉上的极限值

最后还应注意，纯粹由视觉的关系也可要求有许可沉降量的限值。特别是高耸房屋的倾斜，它可能在裂缝产生以前就达到了一种不能容忍的程度（美学上的或心理上的）。在设计高耸房屋的基础时，对倾斜值的限制，众所公認是十分重要的，但这个问题还在进行资料研究。因此本文只是针对从避免使房屋产生裂缝和其他由于挠曲而引起不良后果的观点来研究许可垂直沉降。根据某些资料，倾斜度到达 $1/250$ 时就可以明显地看出来。如果房屋紧贴现有建筑物建造，同时又有建筑上的线条联系，如台口线或女儿墙等，则倾斜度就有另外的要求。

三、许可沉降量准则的性质

产生裂缝的沉降特性大概可以用沉降曲线的曲率半径表示*。如果使用挠曲度，虽然在理论上稍为差一些，但计算则较为簡捷。挠曲度是以两点间的差异沉降量 δ 与间距 l 之比值表示（图1）。房屋中任一部位，不论有没有损坏，最好都有实测资料。但事实上有这种资料的房屋为数很少。然而，如果假定 δ/l 为最大处的损坏也最为严重，这样就可能得到相当数量的间接资料。所有这些关于房屋裂缝的实际资料给出， δ/l 的限值约为 $1/300$ ，这在以后还要论证。

* 这里是指建筑物发生不均匀沉降后，梁、柱、墙（墙平面）所生挠曲的变形曲线的曲率半径。可参阅国家建设委员会技术情报处編的“资本主义国家技术通讯”1957年20期18頁。——譯者注

本文內所研究的各种类型房屋的許可沉降值，至此可說已初步确定。但是，由于在任一实例中，計算 δ/l 值时会遇有不能肯定的因素，所以应用这一准則多少是受有限制的。如果沉降主要是由于深臥的粘土层（一层或多层）固結所致，同时基础又是置于粘土层上的砂或礫石上的話，則計算所得的沉降形状較為可靠。如基础直接建在粘土上，或建在砂层上而下层又沒有粘土，在这种情况下，由于土壤中不可避免的存在着对沉降分布有重要影响的局部变化，沉降形状的預估就复杂了。但即使在这种情况下，計算的最大沉降量，以及最大差異沉降量，一般还有一定的精确度。因此，这就要求知道，对于各种类型的房屋和地基情况， δ/l 的最大值（损坏的合理准則）及最大沉降量 ρ_{max} （沉降分析中最易計算的数值）之間，在統計上是否能找出相互的关系。为了同样的理由， δ/l 及最大差異沉降 Δ 之間是否有相互关系的问题也曾加以研究（见图 1，图中表示了 δ/l 、 ρ_{max} 及 Δ 的定义）。

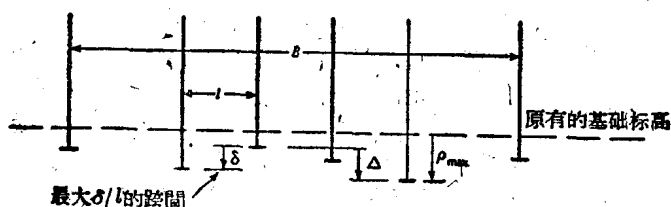


图 1 无傾斜的房屋的最大角变位 δ/l 、最大沉降量 ρ_{max} 和最大差異沉降量 Δ 的定义

侥幸的是，关于直接置于粘土或砂层上的基础，这种近似的相互关系是存在着的。因此房屋的許可沉降量不仅可用 δ/l 表示，而且也可以用（至少可作为参考）更为实用的准則，即最大沉降量和最大差異沉降量表示。

因此,現場实地資料的应用,可以归納成如下三方面: (1) 撓曲度 δ/l 的损坏限值; (2) δ/l 与最大沉降量和最大差異沉降量的关系; (3) 以最大沉降量和最大差異沉降量来确定损坏限值。

四、撓曲度的資料

本节內的撓曲度值是从沉降等值綫或沉降剖面图中求得, 其中純粹由傾斜所引起的影响已消除(見附录 I 中例題)。

1. 利用直接的实测資料确定撓曲度的极限值

从斯特林(Stirling)附近克本(Kippen)地方一座單层鋼架房屋〔71〕中^① 获得了其中五个不同位置上的 δ/l 值, 以及它损坏或未损坏的資料。这所房屋有磚砌外牆, 在建造时由于地基破坏遭致了大量沉降。研究結果总结如下:

鋼架严重扭曲	$\delta/l = 1/110 \sim 1/80$
牆开裂	$\delta/l = 1/290 \sim 1/240$
牆未发生裂縫	$\delta/l = 1/720$

图 2 所示就是这座房屋牆上的裂縫情形, 此处差異沉降量 $\delta = 1\frac{1}{2}$ 吋(3.8公分), 跨間距 30 呎(9.14公尺)(即 $\delta/l = 1/240$)。图中还可看到基础整修加固用的临时支撑。

① 方括号內数字是指房屋的編号(下同), 全部房屋列在表 7 內。