

建筑結構损坏的原因

苏联建筑科学院中央建筑科学情报研究所 編

建筑工程出版社

建筑結構损坏的原因

郑双德 译

江苏工业学院图书馆
藏书章

建筑工程出版社出版

• 1959 •

1A11-85/06

內容提要 本書中敘述最近几年来在鋼筋混凝土結構和磚石結構中所發生的一些由于建筑物和結構物的結構受到嚴重損壞而引起塌陷事故的实例。研究這些建筑物損壞的原因能使建築工作者在設計和施工中避免重犯錯誤。

本書可供設計机构和施工單位的工程技術人員閱讀。

原本說明

書 名 ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

著 者 Академия строительства и архитектуры СССР
Центральный институт научной информации по
строительству и архитектуре

出版者 Госстройиздат

出版地点 及 年份 Москва—1957

建築結構損壞的原因

鄭 弘 穗 譯

*

1959年9月第1版

1959年9月第1次印刷

3.545冊

850×1168 $1/32$ • 47千字 • 印張2 $1/8$ • 定價(10) 0.29元

建築工程出版社印刷廠印刷 • 新華書店發行 • 書號: 1634

建築工程出版社出版(北京市西郊百萬莊)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第052號)

序 言

目前在我們的国家里已建立了强大的、有先进技术装备的
建筑工业材料生产基地。

近年来在建筑工业方面培养了許多优秀的工作干部、技术員、工程师及建筑师；制定了各种新的和最具效果的结构，研究并采用了最完善的計算方法。因此，要建造各种最高質量的工业建筑物、工程结构物及居住房屋的一切先决条件都已具备了。

党和政府在1955年采取了一系列的有关建筑工程質量问题的决定。其中特別指出，彻底改进建筑事业具有决定性的条件是：不断的改进設計业务，改善施工組織和生产，以及提高建筑材料的質量。

苏联共产党第二十次代表大会要求建筑工作者坚决地改进建筑工程的質量。但是尽管如此要求，除了一些質量高的建筑工程外，仍然还有一些質量低劣的工业建筑物和居住房屋。这些質量低的房屋不仅在使用上造成困难，而且在很多情况下会破坏结构的完整性，有时竟会促使其塌陷。

研究事故发生的原因之所以必要，是因为每一件事故都是重要而又具有实际意义的教材。通过这些事例可以知道今后不应再建与此类似的建筑物。在研究结构损坏的原因时，总是要揭露一些設計方面的缺陷，施工中所犯的毛病，以及設計上事先未規定建筑物和结构物的使用条件。

通常在建筑工程的实践中，事故的发生很少是由于某一

种原因所造成的。除了主要的原因外，尚有一系列的与建筑物的設計、施工及使用条件有关的不利因素。这些不利因素的結合就使結構处于这样的一种状态，一旦遇到不利情况时就能引起事故。

因此，最重要的任务是：詳細地分析研究引起結構损坏的原因，探求其間內在联系的特征，最后查明其主要原因。

建筑业在熟悉了发生事故的原因后，以后可以避免再犯很多錯誤，而这些錯誤对建筑工作者来说是早先犯过，但并不是充分了解的。

中央建筑科学情报研究所編写这本小冊子的目的，就是要向建筑工作者介紹这些因結構损坏而引起建筑物倒塌的典型例子。

这本小冊子中所述的各种建筑物的损坏情况，基本上都是近年来在鋼筋混凝土結構和磚石結構的工业建筑物和居住房屋，以及公共房屋中所发生的。書中对这些事故发生的原因作了簡要的分析，指出修复损坏建筑物所采取的各种措施；同时亦提供了一些預防类似結構损坏的方法。

在写这本小冊子中的單篇論文时，曾利用檢查委员会的文件和个别專家的結論；曾利用有关部和有关机关的設計材料。

这本小冊子是中央建筑科学情报研究所的科学研究員——技术科学副博士И·С·科塞柯，А·П·茫德里柯夫和Е·З·莎茨金集体編写的。

中央建筑科学情报研究所

目 录

序 言

莫斯科手球运动場練習館窗間牆的塌陷·····	(1)
莫斯科查普呂京街16号房屋的部分塌陷·····	(9)
莫斯科紅軍街44—46号房屋的端头部分塌陷·····	(15)
莫斯科波提利赫区莫斯科电影制片厂(Мосфильм)布景場 主樓附屬建築物的塌陷·····	(23)
莫斯科吉尔金街53号房屋的墻壁塌陷·····	(29)
多莫奇多伏城——鋼筋混凝土沉淀池的损坏·····	(33)
米哈依洛夫12号矿井村一座骨架墻板的四层居住房屋 的骨架塌陷·····	(38)
布良斯克水泥厂的筒形貯仓塌陷·····	(43)
明斯克毛紡联合工厂主厂房部分屋蓋的塌陷·····	(52)

莫斯科手球运动場練習館窗間墙的塌陷

莫斯科手球运动場有两个練習館，均設在一个單层的附屬建筑內，并与运动場的一側相連接（图1）。两个練習館是对称地排列在运动場縱軸綫的兩側，以兩道磚墙互相隔开；兩道磚墙之間筑有通道，供汽車駛入运动場內的比賽場之用。两个練習館是相同的，其平面尺寸均为 16×28 公尺，自地面至頂棚的高度均为6.5公尺。

練習館尽头的山墙为51公分厚的磚墙，以6公分厚的Γ形陶土板飾面。練習館与手球运动場的其 他房屋之間的隔墙，是用装配式鋼筋混凝土骨架內填筑磚块而成。

縱向外磚墙的厚度为64公分，以6公分厚的Γ形陶土板飾面。外墙中有截面为 64×103 公分的磚窗間墙。

練習館屋盖的承重构件是具有平行弦的金屬桁架，其跨度为16.5公尺，高度为2.42公尺，間距为6公尺。桁架的一端支擱在鋼筋混凝土柱上，另一端支擱在外墙的窗間墙上（图2）。按照設計，桁架是用尺寸为 50×50 公分的鋼筋混凝土底垫支擱在窗間墙上。在施工中，鋼筋混凝土底垫已被換成尺寸为 44×65 公分，厚为5公分的鋼板。这种做法可以認為是許可的。

屋面是卷材的，是用卷材鋪筑在装配式鋼筋混凝土板上而成。装配式鋼筋混凝土板系安放在槽鋼制成的桁梁上，桁梁則由桁架的上弦支托。

作吊頂棚用的装配式鋼筋混凝土板的尺寸为 198×39.5 公分，厚8公分。板是沿着焊接鋼梁鋪筑的。鋼梁是由30a

号槽鋼与 $65 \times 65 \times 6$ 公厘的角鋼焊接制成，并借螺栓固紧在桁架下弦的联结板上。在钢筋混凝土板上鋪筑蒸汽隔离层、10公分厚的矿棉板保温层及3公分厚的水泥抹平层。

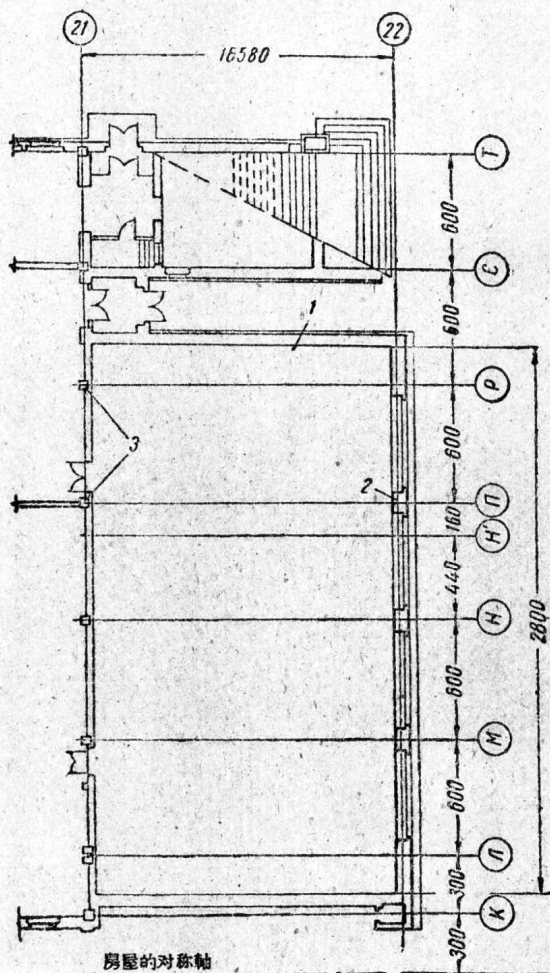
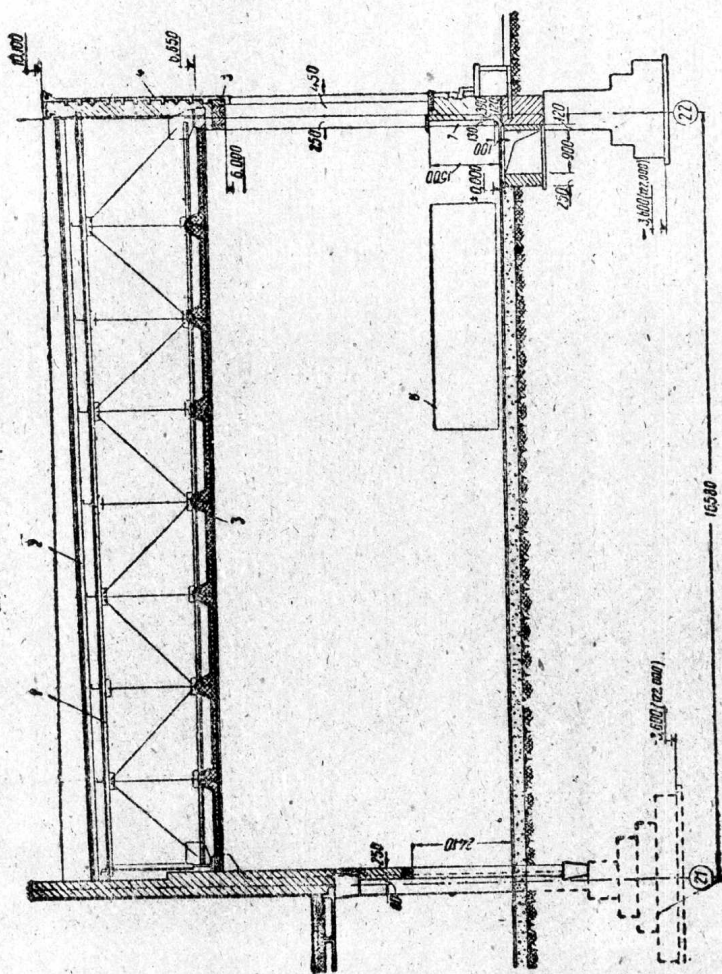


图 1 手球运动場練習館的平面图
1—練習館；2—鋸陷的窗間牆；3—裝配式钢筋混凝土柱

图 2 练习
馆的横剖面

图

- 1—钢桁梁；
2—屋顶；3—
—顶棚；4—
陶土饰面板；
5—装配式钢
筋混凝土过
梁；6—安置
供暖板的壁
龛；7—安装
散热片的壁龛



手球运动場是由（莫斯科設計院）华沙科学文化宮設計管理局第4設計室設計，由莫斯科地下建筑公司（Мосподземстрой）第一建筑安装处施工。

1956年3月1日，練習館外墙沿軸綫П-22的窗間磚牆发生塌陷事故（见图1）。由于窗間牆系支托着桁架，所以这一榀桁架及其毗邻两个跨度內的頂棚和屋盖都塌陷了。

事故发生时，牆已砌好，桁架已經支妥，桁架上弦的无保温的屋盖及吊在下弦上的保温頂棚均已做成。

設計室发出第一层牆壁磚砌体的图紙是在1955年的6月。按照施工进度表，牆壁磚砌体于1955年9—10月間早就應該完成。

实际上練習館的牆壁是在1955年11—12月間的負溫度条件下用冻结法施工的，虽然設計規定要在正溫度条件下施工。对砌筑时所用的砂浆未进行檢定其溫度，亦未作強度的檢驗試驗。

飾面板尾部嵌入砌体内的深度为10公分。由于陶土飾面板的嵌入处不能与磚砌体的砌縫适相重合，因而加厚了砌縫（达3—4公分），这是因为陶土飾面板与磚的大小在一定限度內有公差。內牆上因加厚砌縫而形成的水平槽縫，用砂浆填滿。

内部某些装修工程的施工是在二月中旬，亦就是在事故发生前的两个半星期。当时为了創造正溫度条件，曾在館內（发生事故处）安設了几架热风机，因而室內就开始变暖了。牆壁磚砌体受到热的影响也就开始剧烈地解冻。

1956年3月2日，当檢查委员会在調查館內未塌陷的牆壁时，发现房屋的里面牆上的砂浆。其熔解深度不小于12公分，且其强度为最低。在事故发生的前一天，莫斯科白天时

間的外界空气温度为正温度，因此在检查时，外墙面上的砂浆的强度亦是最低。墙体内部的砂浆是冻结的，根据其外表的情况来看，其强度在2—10公斤/平方公分之間。

对解冻期間的砌体强度未进行驗算，亦未及时制定临时加固砌体的图纸，因而对解冻的磚砌体缺少临时加固措施。

在室内加热期間曾进行了卫生设备工程的施工。为了連接供暖板与墙內的立管，直接在窗間墙下面开凿一条深达12—14公分的水平槽縫。开凿槽縫的精确時間未及查明，但根据检查委员会的推測，在2月28—29日，即在窗間墙塌陷前的1—2天内，槽縫已經做成。

建筑图上未表明有供安装連接导管与加热器的槽縫。但是在卫生设备图纸上則表明：連接加热器的导管須隐蔽地装在尺寸为 6.5×6.5 公分的槽縫內。为了符合所設計的采暖系統的安装要求，开凿这样的槽縫是可以的，而且是必要的。但是将槽縫凿深至12—14公分就没有必要，因为这样深的槽縫对窗間墙强度的影响需要进行驗算，这不仅对在冬天条件下用冻结法砌筑的窗間墙需要驗算，就是在夏天条件下砌筑的亦是如此。

按照設計，墙砌体应用100号磚。施工时所用的磚基本上是来自契列姆辛斯基工厂，一部分是来自沃倫佐夫工厂和奥恰列夫工厂。出厂証上写明为100号磚，但經实验室对取自砌体损坏处的十块磚进行試驗后証明：磚的受压平均极限强度等于111公斤/平方公分，受弯平均极限强度等于16公斤/平方公分。因此，即使磚在受压方面能达到100号，但按其受弯指标来看，在最良好的情况下亦只能达到75号。在检查损坏的窗間墙时，发现除了塑制的实心磚外，亦发现数量不大的干压空心磚。这种空心磚具有垂直的圓孔，孔的上端

是封閉的。对这类空心磚沒有进行試驗，但根据檢查委员会的推测，其强度未必会高于75号。

按照施工日志上的記載，砌筑牆壁磚砌体用的水泥沙浆，其水泥和沙的成分为1:5。根据实验室对取自损坏处的砂浆进行分析后所得的資料，以及根据砂浆中含有的容积和重量的組成情况来看，都証明上述的記載是正确的。但对取自损坏的窗間牆中的砂浆进行力学性能試驗后，証明其質量是低的。例如实验室于3月5日对在3月2日制成的立方体試块进行試驗后証明：3天齡期的砂浆的受压平均极限强度为3.7公斤/平方公分。立方体試块是以解冻了的砂浆用手工搗实制成，并在霧室中养护3天。后来試驗室又对3月6日的立方体試块进行了試驗，試块的制法相同，但在室內溫度+20°及相对空气湿度約60%的条件下养护了3天；試驗結果証明砂浆的受压平均极限强度为2.3公斤/平方公分。再将立方体試块放在霧室中养护28天后进行試驗时，其受压极限强度达到4.7公斤/平方公分。可是实验室把在3月2日从损坏的窗間牆中取来的砂浆块鋸成底边尺寸为7.15×7.45公分，高为7.6公分的立方体試块，并将其放在实验室的霧室中养护28天后进行試驗，結果証明其受压极限强度为6公斤/平方公分。因此，从实验室檢驗砂浆的結果中可以得出結論：砂浆的受压强度很低，在任何情況下都不能达到設計的强度。

砌筑窗間牆的砂浆，其拌合时所用的水泥品种檢查委员会未及精确地查明。但是可以推断，用于上述目的的水泥是硬化較慢的400号火山灰矽酸盐水泥，因当时施工單位已收到了是項水泥。

設計規定在窗間牆磚砌体中要用“之”字形的配筋網。当檢查相邻的未损坏的窗間牆时，发现牆内个别地方的“之”

字形配筋網在各皮磚中安放的位置不是互相垂直的，而是互相平行的。例如在順次而下的4皮磚中，配筋網系按窗間牆的縱方向互相平行地放置。這樣就有根據來推斷，在損壞的窗間牆內，“之”字形配筋網的安放位置亦是不遵照技術規範的。

練習館的未損壞部分的窗間牆向外傾斜達4.5公分，已超過技術規範的允許值（2公分）。這亦應屬於修建練習館的砌磚工程中質量上的缺點。

事故發生後亦曾驗算窗間牆磚砌體內所產生的應力。驗算證明，如砌體是在正溫度條件下完成，同時亦存在截面為 6.5×6.5 公分的槽縫，則砌體內的應力是完全許可的。但砌體如在冬天時間內用凍結法筑成，則解凍期內的砌體應力已超過了磚石結構設計標準及技術規範的規定值。

假定計算時採用75號磚，解凍時的砂漿的平均強度等於2號砂漿，同時亦考慮了使窗間牆削弱的深12公分的內牆面槽縫，則事故發生時作用於窗間牆的實際荷載，已比允許荷載大90%。

驗算亦證明了在用75號磚和2號砂漿時，作用在桁架支墊下的窗間牆截面上的實際荷載，已超過允許荷載的25~50%。

假定窗間牆是用100號磚砌成，亦不因飾面板嵌入處所加厚的砌縫而削弱；則當內牆面上有12公分深的槽縫存在，解凍時的砂漿強度等於2號砂漿時，發生事故時的實際荷載可能要超過允許荷載45~75%。按照上述的同樣條件，如將砂漿改為4號時，則實際荷載可能要比允許荷載大20~45%。

正如驗算證明，按上述所採用的窗間牆截面，用75號磚砌築，且有12~14公分深的槽縫存在，則即使是在夏天條件

下施工，窗間牆砌體內也要產生逾限應力。

經詳細地研究發生事故的原因後，委員會確定事故發生的主要原因是：因塌陷的窗間牆磚砌體在解凍期內強度不足，同時由於窗間牆系支撐着帶吊頂棚的金屬桁架和屋蓋，所以桁架和屋蓋亦因之塌陷。

但上述窗間牆的強度不足是由下列若干原因的結合而形成的：

a) 用磚不合設計的要求；

6) 開槽了12~14公分深的槽縫，以及陶土飾面板嵌入處的砌縫加厚，削弱了窗間牆；

b) 沒有遵守技術規範中對磚石砌體在冬天條件下用凍結法砌築的規定（即未按相同程度的夏天砂漿提高其標號；在解凍時，未對砌體採取臨時加固措施）。

設計規定砌體是在夏天條件下完成的，而施工單位却在負溫度條件下用凍結法施工。

作為經常監督施工的設計機構，對施工單位在冬天條件下按設計圖紙砌築砌體而未進行專門的驗算，以証實其在這樣條件下施工是否可能。同時在砌體解凍期間對結構中的一些單獨構件亦未按照磚石及鋼筋磚石結構設計標準及技術規範（ННТУ-12-55）的規定來擬定臨時加固措施。

在調查過程中，未及查明塌陷的窗間牆是在何種溫度下砌成的。但是只要注意到1955~1956年冬季的大冷天的話，就有根據推斷，在砌築窗間牆期內，除了其他原因外，較低的外界空氣溫度亦影響了砂漿的強度。

事故發生後，手球運動場的練習館的所有尚未損壞的窗間牆，在立面上都用臨時支撐予以加固。

考慮到當時砌築練習館中未受損壞的窗間牆的砂漿不能

达到設計强度，故决定增加鋼支柱，支柱借錨栓与窗間牆的砌体固紧。这样可使桁架上的荷載經鋼柱傳至基础上。

莫斯科查普呂京街16号

房屋的部分塌陷

莫斯科查普呂京街16号是一座五层楼的居住房屋。設計是采用磚牆、装配式鋼筋混凝土的樓盖和基础。房屋的結構方案是以縱向外牆作承重牆，室內有一列磚柱（图1）。房屋的标准設計（П-01-13）是莫斯科市执行委员会建筑规划管理局專業建筑设计处（САКБ АПУ Мосгорисполкома）制定的。原設計中未設計地下室（图2а、б），后經莫斯科設計院（Моспроект）第13設計室进行修改，增添了內有磚柱的地下室（图2г、д）。

各层的外牆厚度均为51公分，內牆厚度均为38公分。地下室磚柱的截面为 77×77 公分。第1层磚柱的截面为 77×64 公分，第2层为 64×64 公分，第3及第4层为 51×64 公分，第5层为 51×51 公分（图2а）牆壁和磚柱規定用100号磚和50号砂浆砌筑。

装配式鋼筋混凝土樓盖系由主梁和板組成。主梁的截面为 60×16 公分，長638公分，梁支擱在牆壁和內柱上；板的截面为 16×120 公分，長358公分，板的一端鋪筑在橫向牆上，另一端則鋪筑在主梁上。

內柱在每层楼面处被樓盖和主梁橫向切断。标准設計中

規定在每根主梁的支座下面需設置鋼筋混凝土杯座(圖2B)。
在房屋的修改設計中，地下室磚柱上已改用平面尺寸為 38×38 公分的鋼筋混凝土底墊來代替杯座。但在施工時，主梁支座下面的鋼筋混凝土底墊又改用了金屬墊板，墊板的尺寸為 35×25 公分，是用12公厘厚的鋼板制成(圖2B)。

房屋是由莫斯科古比雪夫區的修建公司在1955—1956年的秋冬期間進行施工的。土方工程、砌築基礎以及砌築地下室的牆壁和磚柱等工作都是在秋天的正溫度(零度以上)條件下完成的。自房屋第1層至第5層的其餘工程則是在冬天極大的負溫度(零度以下)條件下完成的。

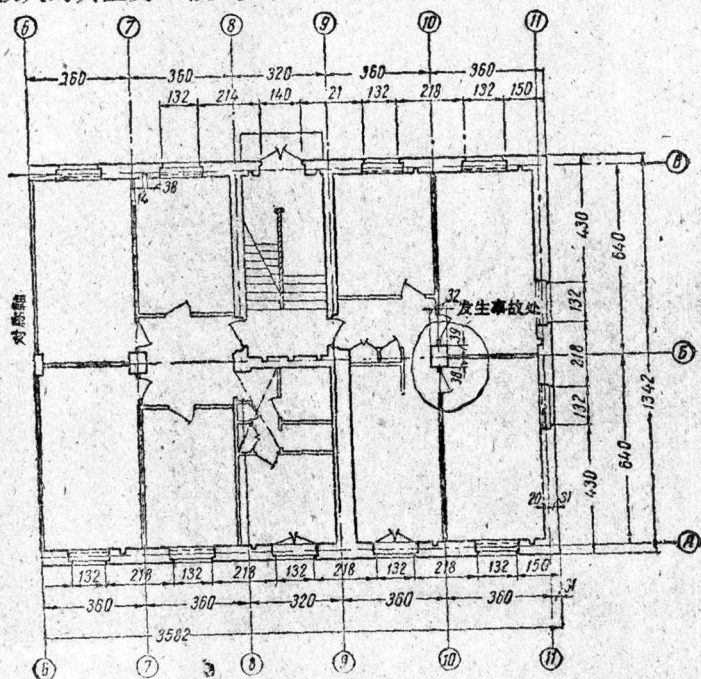
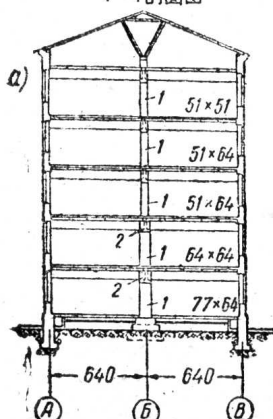


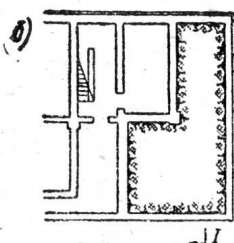
圖 1 第1層平面圖

按标准設計 II-01-13

1-1剖面图

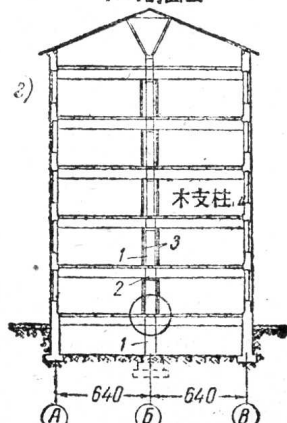


基础平面图 1-1

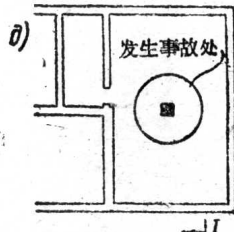


按修改設計

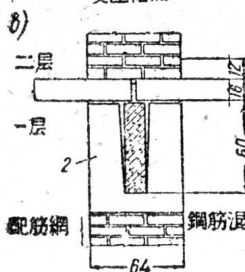
1-1剖面图



地下室平面图 1-1



支座结点



支座结点

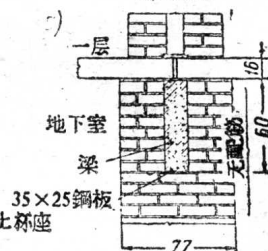


图 2 标准設計 (II-01-13) 和修改設計
的房屋剖面图与細部