

101476

多孔混凝土研究

H. T. 庫得略雪夫 等著

建築工程出版社

57
0026

苏联建造部中央工业建筑科学研究所
試驗工作选集

多孔混凝土研究

邵 一 麟 譯
胡 多 閏 校

建筑工程出版社出版

• 1956 •

內容提要 本選集選錄蘇聯建造部中央工業建築科學研究所(ЦНИПС)創作的有關高壓蒸制的多孔混凝土生產技術的研究結果,和鋼筋泡沫混凝土制品與鋼筋泡沫矽酸鹽制品的生產和使用性能的研究結果。在本選集中輯有關於用碳酸化法制造泡沫矽酸鹽制品與用真空蒸制作業法制造鋼筋泡沫混凝土板的資料。這兩種方法是簡便而有效的多孔混凝土的制备方法。本選集並輯錄有關於制造新的有效的泡沫劑(環氧磺酸鋁泡沫劑和水解血膠ГК泡沫劑)以及關於提高多孔混凝土憎水性的研究結果。本書可供施工工程師,建築材料工業工作者和有關的科學工作者參考,並可供高等學校及中等技術學校建築專業教學參考。

原本說明

書 名 ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЯЧЕЙСТЫМ БЕТОНАМ
сборник экспериментальных работ
編輯者 Канд. Техн. наук И. Т. Кудряшев
лауреат Сталинской премии
出版者 Государственное издательство литературы по
строительству и Архитектуре
出版地点 及 日期 Москва — 1953

多 孔 混 凝 土 研 究

邵 一 麟 譯
胡 多 聞 校

*

建築工程出版社出版(北京市阜成門外南風土路)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第112號)

建築工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號359 字數60千字 830×1165 $\frac{1}{32}$ 印張 $2\frac{9}{16}$

1956年10月第1版 1956年10月第1次印刷

印數:1-4,300册 定價(10)0.50元

目 錄

序.....	4
И. Т. 庫得略雪夫: 結構用多孔混凝土.....	6
Л. М. 若森菲里得: 泡沫矽酸鹽制品的碳酸化.....	22
М. Я. 克里維茨克: 真空蒸制的泡沫混凝土.....	36
А. Т. 巴朗諾夫: 多孔混凝土使用的環烴磺酸鋁泡沫劑.....	46
Л. М. 若森菲里得: 生產多孔混凝土使用的 ГР 泡沫劑.....	61
Л. М. 若森菲里得: 多孔混凝土的憎水性.....	75

序

党十九次代表大会的指示规定了提高建筑材料质量和擴充建筑材料品种的任务。在各种新的建筑材料中,多孔混凝土按其性質說是十分有效的。多孔混凝土的容重不大和良好的隔热隔音性能,决定了它使用於建筑中的適宜性。因此在建筑中,应用多孔混凝土的任务目前是十分迫切的。所以,本选集的出版,提出中央工業建筑科学研究所(ЦНИПС)对多孔混凝土的研究結果,是有实际用处的。

И.Т.庫得略雪夫(И. Т. Кудряшев)的論文“結構用多孔混凝土”討論關於高压蒸制的多孔混凝土(泡沫混凝土和泡沫矽酸鹽)制品的生產技術、性質和应用,以及它們在結構中使用情况的問題,並規定其技術經濟指标。

Л.М.若森菲里得(Л.М. Розенфельд)的論文“泡沫矽酸鹽的碳酸化”中包括有关碳酸气对泡沫矽酸鹽的化学作用速度的研究結果,这种速度是与制品的成分、含水量及周圍介質的温度有关的。該文又研究到表面活性物質对碳酸化过程的影响,並敘述了制备容重为 1,000 公斤/立方公尺碳酸化泡沫矽酸鹽的技術操作过程。

М.Я.克里維茨克(М.Я. Кривицкий)的論文包括制备真空蒸制的鋼筋泡沫混凝土板的工作成果。研究了結構用真空蒸制的泡沫混凝土的成分,制品的真空作業和蒸制的規程,以及摻加矽藻土对泡沫混凝土性質的影响。

А. Т. 巴朗諾夫(А. Т. Баранов)的論文“环經磺酸鋁泡沫剂”包括以煤油接触剂、硫酸鋁和苛性鹼为基础制成之泡沫剂的研究結果。並对用松香膠質泡沫剂和用环經磺酸鋁泡沫剂所制成的泡沫混凝土的性能進行了比較。

Л.М.若森菲里得的論文“ГК 泡沫剂討論”關於以肉類製造工業廢品為基礎製造泡沫剂的問題，並說明了這類泡沫剂的若干性能。

在 Л. М. 若森菲里得的論文“多孔混凝土的憎水性”中研究了降低多孔混凝土吸水性和透汽性的方法，並提出賦予泡沫薄膜以憎水性的問題。

上述論文的目的在於使讀者熟悉多孔混凝土生產技術的基本原理，以及在生產和應用多孔混凝土制品方面許多任務是如何實際解決的

結構用多孔混凝土

斯大林獎金獲得者 И.Т.庫得略雪夫
技術科學副博士

普通混凝土因容重大而具有低級的隔熱性和隔音性指標。用多孔隙集料作成的輕量混凝土具有較高級的隔熱性和隔音性指標。多孔混凝土是特輕混凝土，因而使用多孔混凝土就大大地減輕了建築結構的重量，並且改善了結構的隔熱和隔音性能。這樣就能使建築物的造價降低，質量提高。

多孔混凝土是由膠結材料、集料、水及泡沫劑或加氣劑制成的一種具有均勻的密閉空氣泡的人造石料（圖1）。空氣是多孔混凝土的集料。

多孔混凝土可以用兩種方法來製備：1）使建築灰漿中產生氣體（加氣混凝土）；2）在建築灰漿中加入泡沫（泡沫混凝土）。

以泡沫為基礎而制成的多孔混凝土因膠結料種類不同而分作：泡沫混凝土——以水泥為膠結料，泡沫矽酸鹽——以石灰為膠結料，泡沫石膏——以石膏為膠結料，泡沫菱苦土——以鎂質膠結料制成。按照硬化方法，多孔混凝土可以分作：自然硬化的、常壓蒸制的、在高压蒸釜中用高压蒸制的以及碳酸化的。

按照用途分作：1）隔熱用多孔混凝土（容重為300~500公斤/立方公尺）；2）結構用多孔混凝土（容重為600~1,000公斤/立方公尺）。自然硬化的隔熱用泡沫混凝土的特徵是：水泥用量多，強度低，運輸性差，和很顯著的收縮現象，因而使製品有必要在倉庫中經歷20~25天養生。

摻砂並且在高压蒸釜中硬化的結構用多孔混凝土（泡沫混凝土和泡沫矽酸鹽）^①，就沒有這些缺點。這類混凝土具有相當高的

① 中央工部建築科學研究所製出並應用

强度,使它在結構物中能够兼备承重和隔热性能。因此,採用 高压蒸制硬化的結構用多孔混凝土在經濟上有很大的优越性。

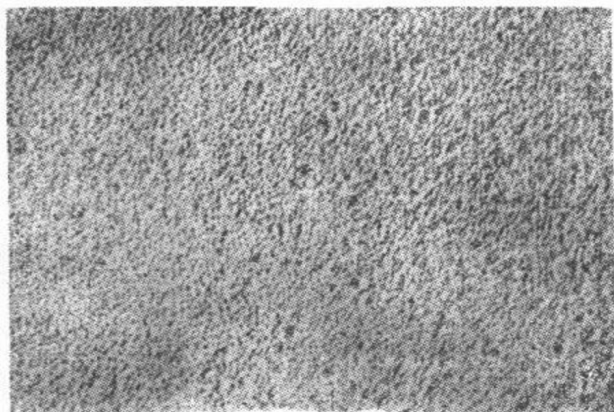


圖 1 多孔混凝土的構造

1. 結構用多孔性的基本性質

結構用多孔混凝土(泡沫混凝土和泡沫矽酸鹽)的抗压極限强度是:当容重为 500~700 公斤/立方公尺时——自 20~70 公斤/平方公分;而当容重为 800~1,000 公斤/立方公尺时——自 70~150 公斤/平方公分(圖 2)。

工業建筑屋面用鋼筋泡沫混凝土板的鋼筋泡沫矽酸鹽板,当作弯曲試驗时其安全系数不应小於 2 [國定全苏标准 1781-49]。

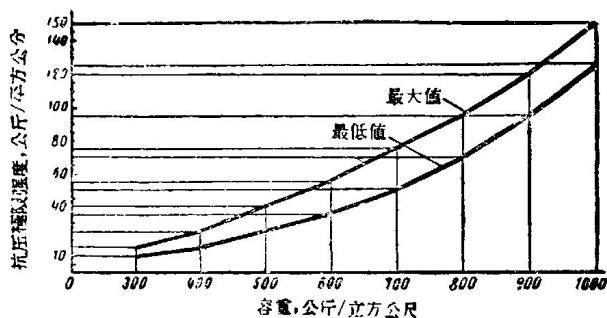


圖 2 多孔混凝土的强度和容重的关系

對於上述屋面板在長期荷載和撞擊荷載方面進行了多次試驗，証明效果令人滿意。多孔混凝土的強度隨着齡期的增長而提高，例如，泡沫混凝土經 $2 \sim 2\frac{1}{2}$ 年後強度增加40%（圖3），而泡沫矽酸鹽則經半年後強度增加30%。

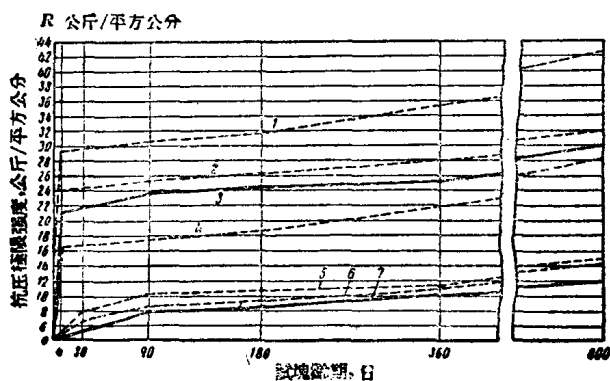


圖3 当配合比为水泥:磨細砂——1:1, 水泥标号为250时,
多孔混凝土的强度和齡期的关系

1—在8大气压下蒸制, $\gamma=700$ 公斤/立方公尺; 2—在8大气压下蒸制, $\gamma=650$ 公斤/立方公尺; 3—在8大气压下蒸制, $\gamma=600$ 公斤/立方公尺; 4—在5大气压下蒸制, $\gamma=650$ 公斤/立方公尺; 5—在自然条件下硬化 $\gamma=700$ 公斤/立方公尺; 6—在自然条件下硬化 $\gamma=650$ 公斤/立方公尺; 7—在自然条件下硬化 $\gamma=500$ 公斤/立方公尺

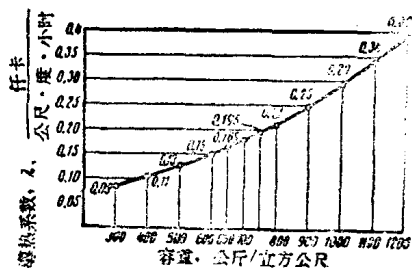


圖4 多孔混凝土的導熱系數
和容重的关系

容重不同的各种多孔混凝土在气干状态下的導熱系數列於圖4。

多孔混凝土的热容量系數取決於其成分, 且变动的范围不大, 自0.17~0.19仟卡/公斤·度。容重为700~800公斤/立方公尺的結構用多孔混凝土的透汽性約等於磚的透汽性,

並較礦渣混凝土的透汽性低20%。容重为700公斤/立方公尺的結構用多孔混凝土的空氣渗透性系數等於 0.202×10^{-3} 公斤/公尺。

小时,公厘水柱高,且不超过技术标准对圍护結構物材料规定的限度。容重为600~800公斤/立方公尺的多孔混凝土的吸湿性为矽酸鹽磚吸湿性的 $1\frac{1}{2}$ 倍,但比礦渣混凝土的吸湿性小一半。

多孔混凝土屋面处于高湿度(90%)且兩面温度不同,一面为 -20° 、另一面为 $+18^{\circ}$ 的条件下,经过一月后含冷凝水約占其体積的10%。結構用多孔混凝土的吸水率可达40%。与矽酸鹽磚比較起来,泡沫矽酸鹽的吸水率高2.5~3倍,但是因为泡沫矽酸鹽的排水速度远超过矽酸鹽磚的排水速度,因此,泡沫矽酸鹽和矽酸鹽磚的含水量隔10日后变成一样(圖5)。

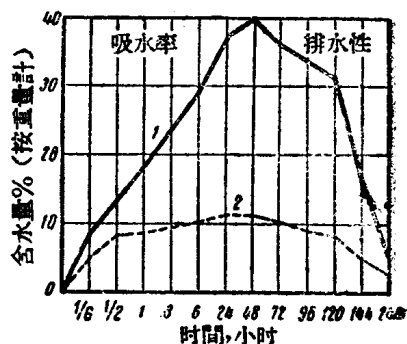


圖5 泡沫矽酸鹽和矽酸鹽磚的吸水率和排水性
1—泡沫矽酸鹽；2—矽酸鹽磚

結構用多孔混凝土的隔音性能較磚為高,因為當聲波通過時,必須經過多孔混凝土中無數細小的氣孔和孔壁。根據蘇聯建築科學院的資料,容重為650公斤/立方公尺,厚度為8公分的鋼弦泡沫矽酸鹽板作成的間隔牆的隔音性是37分貝^①,飾面層和抹灰層可增加多孔混凝土的隔音性至所需要的42分貝。

容重為600~800公斤/立方公尺的多孔混凝土試塊的耐凍性為25次凍融循環,此時強度降低8~10%。

結構用多孔混凝土的軟化系數相當高,等於0.70~0.80。在含水量交替變動的條件下(在 $+70^{\circ}$ 時潤濕並干燥28次)多孔混凝土強度的降低不超過10%。經過25次凍融後用混凝土或矽酸鹽做的飾面層與多孔混凝土的粘結不致破壞。

高压蒸制的泡沫混凝土具有很高的对鋼筋粘結強度的指标,比普通混凝土(当抗压强度相同时)对鋼筋粘結強度的指标高 $\frac{1}{2}$ 。

① 分貝(耳, Децибел), 声音強度的單位——譯者注

在多孔混凝土中之鋼筋，因有密致的灰漿層包裹於鋼筋的全部表面上而能很好地防止銹蝕。

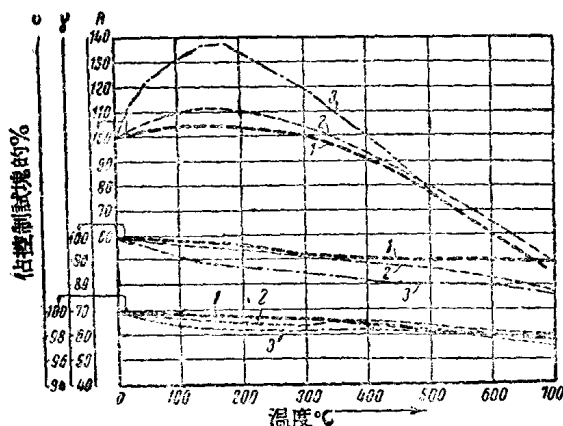


圖 6 高溫對多孔混凝土性質的影響

1—蒸制的泡沫混凝土試塊；2—在自然條件下乾燥的泡沫混凝土試塊；3—在自然條件下硬化的浮石混凝土試塊

多孔混凝土是不燃燒的；鋼筋泡沫混凝土板在直接受火的作用 4 小時後繼續以水澆噴，加以試驗後，板之抗彎強度降低 40%（參考圖 6）。用煤灰、磨細的砂和水泥質粉料制成的泡沫混凝土是耐熱的材料，可以在溫度高達 $+700^{\circ}\text{C}$ 時應用。

高压蒸制的多孔混凝土的收縮每公尺長不超過 0.5 公厘，並且此項收縮基本上是當多孔混凝土在高压蒸釜中硬化時發生的。

多孔混凝土容易用各種工具（鋸、斧、刨）加工，而當容重為 700~800 公斤/立方公尺時多孔混凝土具有可釘性。多孔混凝土對砌築灰漿和抹灰層有良好的粘結能力。

2. 多孔混凝土生產技術的特徵

多孔混凝土是由水泥、砂、水與泡沫劑制成（泡沫混凝土），或由磨細生石灰、砂、水和泡沫劑制成（泡沫矽酸鹽）。磨細生石灰應有足夠的磨細度以提高泡沫矽酸鹽的強度。可以應用磨細的砂，也

可以应用普通砂，但是用磨細的砂作成的制品强度高於用普通砂作成的(圖 7)。可以采用石英粉、發電站的煤灰、矽藻土、水渣或石英泥質岩和其他含有二氧化矽的物質來代替砂。

生產 1 立方公尺多孔混凝土的水泥用量視材料的質量和制品的容重而定。例如，容重為 500~800 公斤/立方公尺的多孔混凝土，水泥用量是 200 到 275 公斤/立方公尺。容重與上述相同的泡沫矽酸鹽，每立方公尺的石灰用量是 100~150 公斤。

生產結構用多孔混凝土的基本原料(50~80%)是石英砂，其產地很多。

燃燒粉末狀燃料所得的廢品煤灰，是結構用多孔混凝土集料的補充來源。

如果估計莫斯科近郊煤含灰分 20%，而煤灰部分(當燃料以粉狀燃燒時)應為 85%，則當每晝夜燃煤 1,000 噸時，煤灰是 120^①噸(在沒有吸塵設備的條件下，等於 70%)，大量利用燃燒煤粉所獲得的廢品細散的煤灰，是巨大而複雜的任務。在電站附近或其他以煤粉為燃料的企業附近設置多孔混凝土工廠最為合適，這些工廠可以供應該地區的需要。

製造泡沫混凝土時，水泥與砂的比例用 1:1 到 1:2，視多孔混凝土的容重而定。水料比^②遵照關於製造泡沫混凝土的指示來選取。磨細生石灰與砂的比例用 1:2 到 1:5，視石灰的等級和活性而定(圖 8)。

生產多孔混凝土應用下述各種泡沫劑：

- 1) 用皂根製造的樹脂皂精質泡沫劑；
- 2) 用膠、松香和苛性鈉製備的松

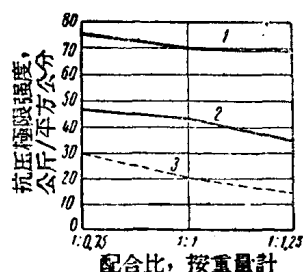


圖 7 泡沫混凝土的強度和砂的磨細度的關係
1—磨細砂，在 900 號篩上的遺留重是 0%；2—磨細砂，在 900 號篩上的遺留重是 15%；3—未經磨細的砂

① $1,000 \times 20\% \times 85\% \times 70\% = 119 \approx 120$ 噸——譯者注

② 指：用水量：(膠結材料+砂)(或二氧化矽物質)——譯者注

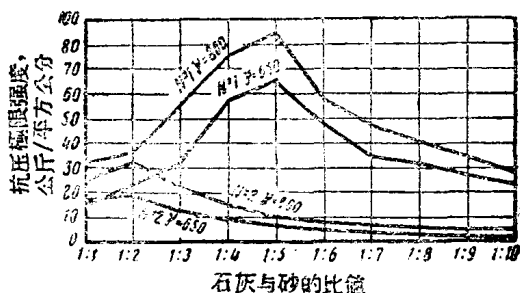


圖 8 泡沫矽酸鹽強度和其成分与石灰的活性的关系

№1—波多里斯克工厂,其石灰CaO=89%; №2—含CaO=40%的石灰

香膠質泡沫剂;

3) 用煤油接触剂、苛性鈉和硫酸鋁制备的磺酸鋁泡沫剂,

4) 用肉类联合工厂廢品制备的水解血膠(ГК)泡沫剂。

当泡沫与灰漿在特制的机器——泡沫混凝土攪拌机——中攪和时,制得多孔混凝土混合物,制好后把它澆入安放在小車上的金屬模型中。然后將載有模型的小車推入置放間存放。泡沫矽酸鹽在送入高压蒸釜前平均需置放 4 小时,而泡沫混凝土則需置放 12

小时。

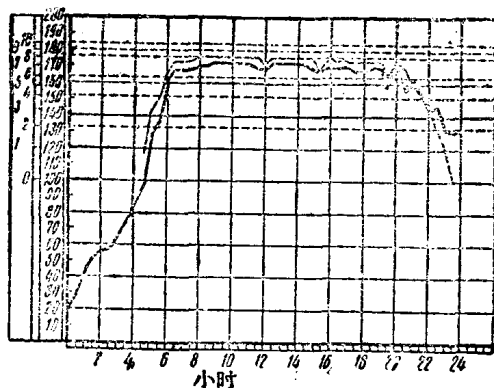


圖 9 高压蒸釜中制品的蒸制規則

高压蒸釜裝好后,向其中供应蒸汽^①,利用蒸汽处理多孔混凝土制品 12~18 小时,視膠結材料之活性,砂之磨細度以及其他生產因素而定。多孔混凝土在高压蒸釜中的蒸制規則列於圖 9。蒸制后制品的

① 在 1949~1950 年多孔材料試驗室主要是採用真空高压蒸制法,这种方法是当蒸制前在高压蒸釜中造成真空;用真空高压法制成的多孔混凝土的温度較用高压蒸制法制成的多孔混凝土强度高 20~30%。这种方法於 1952 年在黑龍江上的科米索木里斯克用於生產。

含水量按重量計为14~18%。为了獲得含水量較低的制品,在制品蒸制后須用壓縮空气向高压蒸釜內吹風。

制造結構用多孔混凝土制品时,採用直徑为3~4公厘的冷拔鋼絲作成的焊接鋼筋,或应用直徑为1~2公厘的預应力鋼筋。当采用焊接鋼筋时,金屬用量較用普通鋼筋时減少50~60%;当采用預应力鋼筋时,金屬用量較用普通鋼筋时減少67~75%。

結構用多孔混凝土的生產技術圖解列於表10。多孔混凝土工厂的基本装备是:9~10大气压的高压鍋爐,8大气压的高压蒸釜(圖11),干燥筒,磨細砂与石灰用的磨机,泡沫混凝土攪拌机,金屬模型和小車。在現有的灰砂磚工厂,組織生產結構用多孔混凝土較容易。在此种情形下,需要补充以泡沫混凝土攪拌机,和砂的烘干

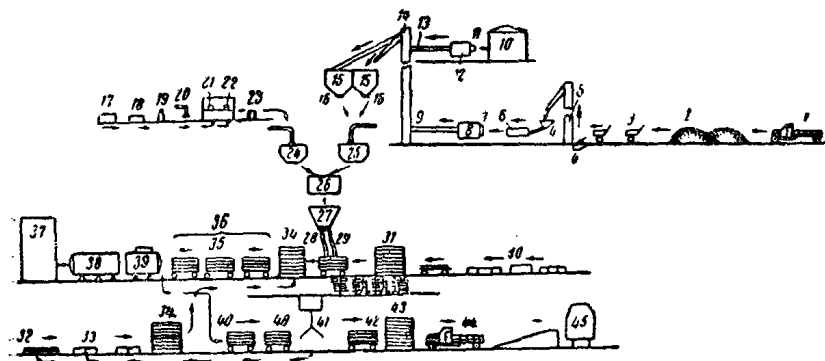


圖10 泡沫矽酸鹽制品生產技術圖解

- 1—汽車; 2—石英砂堆; 3—將砂运到多斗式升降機的手車; 4—存砂漏斗;
- 5—运砂用的多斗式升降機; 6—干燥器; 7—盤式供料器; 8—球磨機; 9—
- 运磨細砂用的螺旋式运送器; 10—石灰倉庫; 11—盤式供料器; 12—球磨機;
- 13—运输磨細生石灰用螺旋式运送器; 14—运砂及石灰用的多斗式升降機;
- 15—存砂和石灰用的漏斗; 16—称砂与石灰用的自动秤; 17—煤油接触剂;
- 18—硫酸鋁; 19—苛性鈉; 20—水; 21—煤油接触剂的淨化与中和; 22—硫酸
- 鋁溶液的制备; 23—純煤油接触剂和硫酸鋁混合; 24—泡沫攪拌器; 25—
- 灰漿攪拌器; 26—泡沫混凝土攪拌筒; 27—多孔混凝土漏斗; 28—活門;
- 29—軟管; 30—鋼筋車間(弯筋机,鋼筋預应力机械和电焊設備); 31—鋼筋
- 架置放堆; 32—模型修整; 33—模型清潔和塗刷工作台; 34—模型置放堆;
- 35—裝載已澆注多孔混凝土混合物模型的模型的小車; 36—制品車隊; 37—鑪爐;
- 38—高压蒸釜; 39—真空泵; 40—裝載在模型中已制好的制品的小車; 41—泡
- 沫混凝土板拆模用的起重機; 42—裝載拆模后制品的小車; 43—制品倉庫;
- 44—制品运出用汽車; 45—鉄路軌道

与磨細用的干燥筒和磨机等设备。

3. 在建筑工程中結構用多孔混凝土的应用

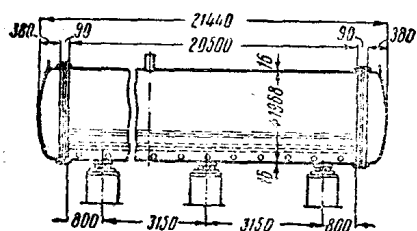


圖 11 制品蒸制用高压蒸釜

人們以結構用多孔混凝土制备下述各种制品：

- 1) 工業建筑屋頂保 暖用的屋面板；
- 2) 砌牆塊材或牆板；
- 3) 層間楼板或大型楼板；
- 4) 牆用保 暖砌塊；

5) 暖气網和暖气設備用半圓形圍罩和圍棚等。

由多孔混凝土制成的工業建筑屋頂用鋼筋多孔混凝土屋面板長度为1.5到3公尺，宽度为0.49公尺，厚度为10~14公分(圖12)。多孔混凝土的容重採用 600~800 公斤/立方公尺。鋼筋 多孔 混凝土板的形狀可以是矩形的，也可以是端部呈“燕尾”形的。鋼筋多孔混凝土屋面板的鋪筑，可用水泥砂漿填縫，表面抹平並蓋以面用瀝青油毡層等工序，和普通鋼筋混凝土屋面板做法相同。

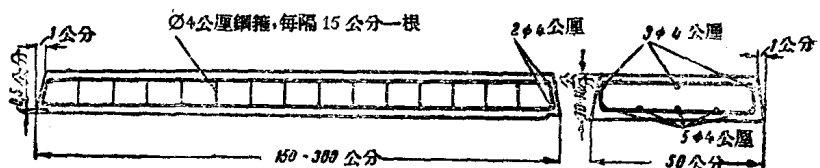


圖 12 多孔混凝土作成的鋼筋屋面板

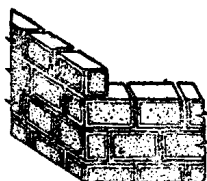


圖 13 有飾面層的多孔混凝土砌塊

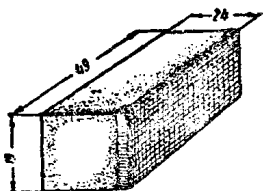
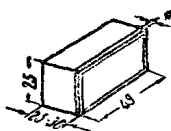


圖 14 有陶制品飾面層的多孔混凝土砌塊

有飾面層的多孔混凝土砌牆塊材的容重是 700~800 公斤/立方公尺(圖13)。塊材尺寸是長度49公分,高度19公分,厚度19 到 34 公分。飾面層是由密緻的 水泥砂漿或矽酸鹽灰漿制成,其厚度是 1.5~2公分。塊材重量可以是 12 到 25 公斤。可以采用陶制板作為飾面層(圖14)。

飾面層的花紋和色彩可因下述的各種做法而有所不同:在飾面層的成分中加入白色或彩色水泥、礦物顏料、大理石或石灰石石渣;或將飾面層作成浮雕、天棚鏡板或假縫等形式;或用其他各種方法進行飾面處理。用多孔混凝土砌築的牆可以用下述任一種通常採用的方法進行內部裝飾:塗刷、膠水漆或油漆、粘貼壁紙、釘以木纖維板或進行普通抹灰。

多層建築骨架牆所用塊材由容重為 600~700 公斤/立方公尺的多孔混凝土製造。

牆壁可用鋼筋多孔混凝土板,板長可達到3~4公尺,寬到1.5公尺,厚度自19到34公分(圖15)。採用容重為600~700公斤/立方公尺的多孔混凝土牆板重可達1.5噸。填充層間樓板用的多孔混凝土板也用容重相同的多孔混凝土製造(圖16)。

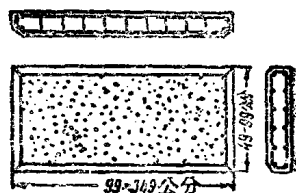


圖 15 砌牆用鋼筋多孔混凝土板

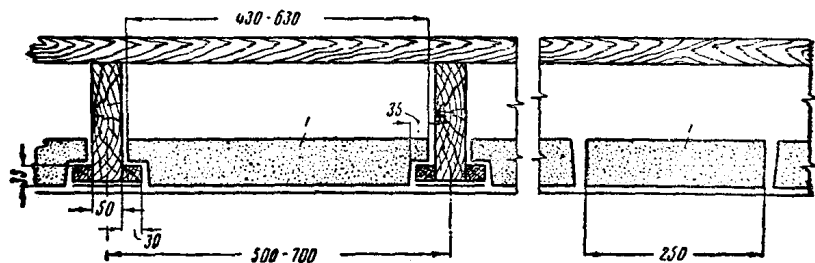


圖16 層間填充樓板的多孔混凝土板

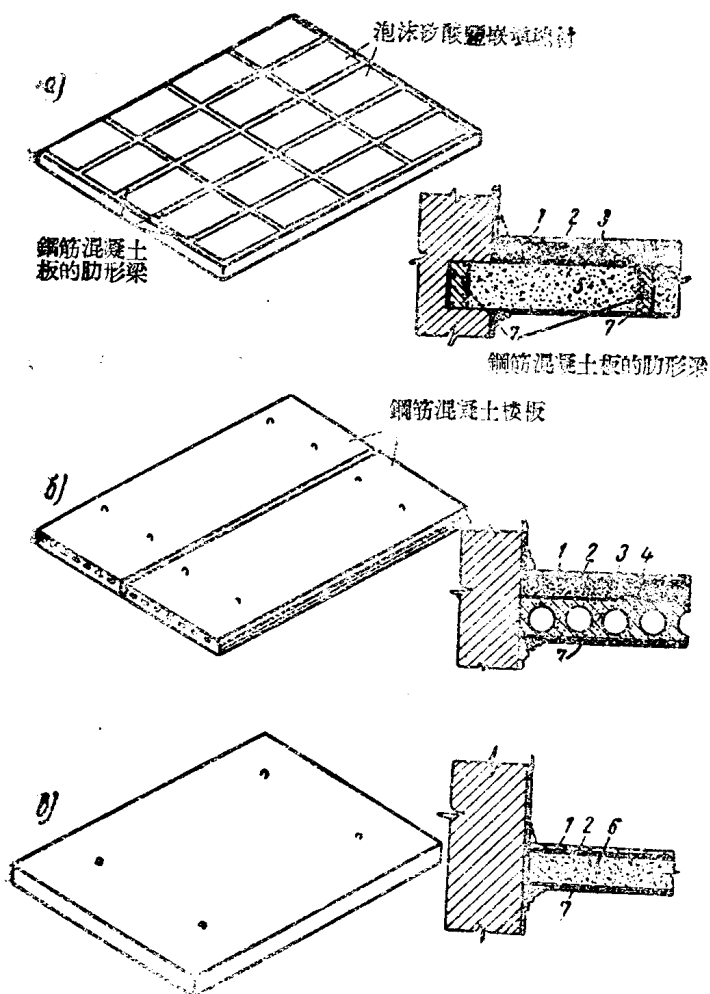


圖 17 樓板用大尺寸構件

α—填有泡沫砂酸鹽塊的鋼筋混凝土肋板；б—空心鋼筋混凝土樓板；в—鋼筋泡沫砂酸鹽樓板；1—淨地面；2—濕青；3—廢渣填充層；4—鋼筋混凝土樓板；5—泡沫砂酸鹽；6—鋼筋泡沫砂酸鹽；7—抹灰層

	α型	б型	в型
跨度,公尺	5.7	5.6	5.6
面積,平方公尺	15.7	15.7	15.7
重量,公斤	280	252	115
鋼筋用量,公斤	5	13	4
水泥用量,公斤	—	29	0