

書叢小學工

料材屬金非

著 雄 馮

行發館書印務商

書叢小學工

料材屬金非

著 雄 馮

行發館書印務商

中華民國二十三年二月初版
中華民國三十六年七月六版

(61874)

工學
小叢書
非金屬材料一冊

定價國幣叁元伍角

印刷地點外另加運費

著者 馮 雄

發行人 朱 農
上海河南中路

印刷所 商務印書館
商務印書館

發行所 商務印書館
各地

版 翻
權 印
所 必
有 究

非金屬材料

目次

第一章	純淨水泥	一
第二章	沙	三〇
第三章	粗粒料	四二
第四章	水泥膠沙	四九
第五章	三和土	六三
第六章	建築用粘土製品	九七
第七章	建築用石	一一九

第八章 木材……………一四二

第九章 雜色材料……………一七八

非金屬材料

第一章 純淨水泥

第一節 總論

定義 以粘土質及石灰質之材料，依極適當而正確之比例，透徹混和，烘燒之至開始熔融，取其燼塊，磨爲細粉；在烘燒之後，除水及石膏外，不加他物，此細粉名爲純淨水泥。

辨名 純淨水泥在英文名爲 *Portland cement*。我國之譯名不一，有（一）水泥，（二）波特蘭水泥，（三）巴得蘭水泥，（四）人造水泥，（五）水門汀，（六）塞門德土，（七）士敏土，（八）坡崙西門土，（九）人造膠灰，（十）洋灰等。今取純淨水泥者，因水泥二字，漸已通行，加純淨二字以示其原料之配合有限制，不加雜質，而與天然水泥，鐵渣水泥等質地差遜之品殊異故也。但我國所產所用之水泥，祇純淨水泥一種，故尋常實無庸設爲分別。本書除在以純淨水泥與別種

水泥對舉之時以外，所言水泥，即為純淨水泥，不復標明純淨二字，發凡於此。

紀原 純淨水泥之發明，在西元一八二四年，時英格蘭黎芝（Leath）地方，有坊工阿斯丁〔約瑟〕（Joseph Aspdin）氏者，試用石灰石與粘土混和，入窯烘燒，然後磨粉，而得一種水泥，用此製成三和土，與在英格蘭附近波特蘭島（Isle of Portland）所產石灰石，頗為相似，故名其水泥為波特蘭水泥。阿斯丁氏以其發明品向專利局註冊，得有專利之權。阿斯丁氏因有發明純淨水泥之功，但其製法猶屬粗疏；百年以來，歷經專家之研究，而後成品之質地，乃能有今日之優美也。

用途 水泥乃膠凝性材料之一種，其用途屬於建築工程方面，大別可分二項。

（一）作成膠沙（Mortar），用於砌工中砒置磚石，及用於墁工中塗刷牆面。

（二）作成三和土，用於各種建築，在後章論三和土時，當細述之。以用途之廣言之，水泥之位置在一切工程材料中，僅居鋼料之次。木料之消費亦多，然多用作暫時之構造，不比水泥之具永遠性也。

第二節 製造

原料 水泥之主要成分爲氯化鈣，氯化矽，及氯化鋁。製造之原料，爲粘土質原料及石灰質兩類。前者所以供給氯化矽及氯化鋁，後者所以供給氯化鈣。兩類原料，各有數種，茲將通行配用法，列表如下：

第一表

粘土質原料	石灰質原料
粘土質石灰岩	純淨石灰岩
粘土或頁岩	純淨石灰岩
粘土或頁岩	白堊或白堊質石灰岩
粘土	泥灰岩

粘土質石灰岩，又名水泥岩 (Cement rock)，含有自六八至七二%之 CaCO_3 ，自一八至二七%之粘土質物質，及不逾五%之 MgCO_3 。粘土係用岩石分解腐化而成，其極純淨者，名爲瓷

土，化學成分爲 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 。製水泥所用粘土，不免含有雜質，但以不混砂礫者爲宜；而其所含氯化矽量，至少應有五五%，而氯化鋁及氯化鐵總量，應有氯化矽量之半或其三分之一。頁岩乃粘土受壓力結成者。

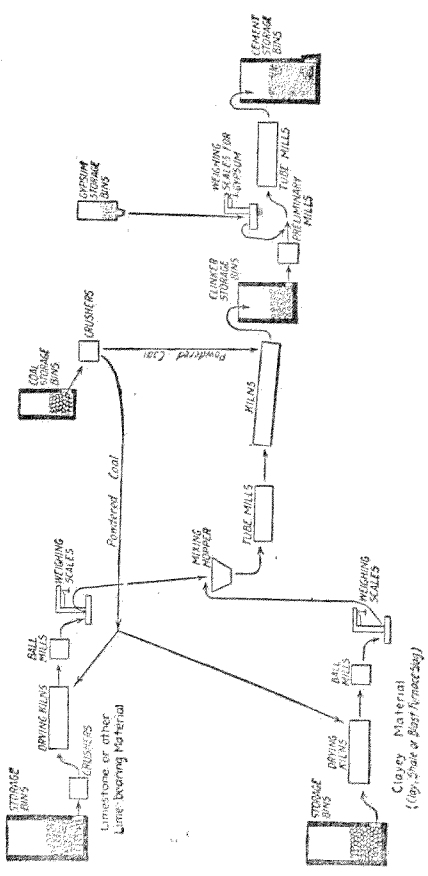
純淨石灰岩之成分爲 $CaCO_3$ 。但製水泥所用者，總含有多少雜質，如鎂、矽、鐵、硫及鹼質等。白堊爲由細微有機體之軀殼積聚而成，而含有少量之鈣、鋁、鎂等之氯化物。泥灰岩乃比較純淨之石灰岩，所含有 $CaCO_3$ 及 $MgCO_3$ 之總量，自九〇至九七%， SiO_2 之量不及 1%， Al_2O_3 及 Fe_2O_3 等不及 1%。

原料之配合 水泥原料之配合法係分析原料之成分，決定各種原料用量之多寡，以期與所定水泥之成分相副；復從實驗之結果，以行加減。此事頗屬不易；但在一廠成立以後，所用原料，如來源不改，而成分無大殊異，則原料配合之比量，自亦無大變化也。

製法之分類 水泥原料之入窯烘燒以前，須將其碎爲粉末，而依適當比量，透徹混和，是爲初步處理，其方法隨原料之種類而異，而水泥之製法遂有乾法 (dry process) 及溼法 (wet process)

之別。乾法之使用較廣，而溼法則僅在原料用泥灰岩及粘土，或用白堊質石灰岩及粘土時行之。

乾法 第一圖所示，為乾法製造水泥之程序。(一)先將石灰質原料及粘土質原料分別在
 軋碎機中，軋成如鷄卵之大小；若原料本係小塊，則不用軋碎。(二)送入橫置之旋轉乾燥機中烘



第一圖 乾法製造水泥之程序

乾。(三)將原料送入球磨機 (ball mill) 中以行粗磨。(四)依分析原料成分所得之結果，決定原料配合之比量，乃將原料置入混和厚中混和。(五)將混和物送入管磨機 (tube mill) 中以行細磨。(六)將磨得細粉送入水泥窯 (cement kiln) 之上端，窯為旋轉式，橫置而略斜，直徑約十英尺至十二英尺，長自一百五十英尺至二百四十英尺。每分鐘約旋轉一周，燃料為碾細之煤粉，由送風機吹入窯之下端。磨細之原料，隨窯之旋轉而緩緩下行，與火焰相遇，燒至初起熔融，其溫度約為華氏二千七百度。當其到窯之下端時，已燒成如胡桃大小之燼塊 (clinker)。(七)燼塊出窯，送至儲藏箱中陳置，歷時約十日。(八)將燼塊送入軋碎機軋碎。(九)將軋碎燼塊送入粗磨機，以行粗磨。此時加入石膏於其中，以作緩凝劑，所需分量，亦由計算定之，有此而後成品之凝結性減緩，方便於普通工作。(十)將所得燼塊粗粒，送入管磨機以行細磨。(十一)所得細粉，即為水泥，再置入水泥箱中，儲蓄歷數星期，以期改良其品質。(十二)陳置合度之水泥，送至包裝室中，用自動機械衡其重量，再裝入布袋或木箱之中。一袋水泥重九十四磅，一箱者重三百七十六磅。包裝既畢，即可運出銷售。

溼法 製造水泥，如以泥灰岩與粘土或頁岩同用時，則採用溼法。今就其程序之與乾法不同之點，擇要述之。(一) 泥灰岩常藏在水底，須用浚渫法取之。所得薄泥漿，除去夾雜之樹根石塊，儲於大櫃中備用。(二) 烘乾粘土。(三) 將烘乾之粘土，置入側輪磨機 (edge mill) 中磨細。(五) 將泥漿送入攪拌機 (pug mill) 混和透徹。(六) 送入大甕中，分析其成分，添入不足之原料。(七) 送入溼金剛砂磨機 (wet-emery mill) 或溼管磨機 (wet-tube mill)，以行細磨。(八) 將磨細泥漿送入儲藏櫃中。(九) 將泥漿送入甕中烘燒，不用預先烘乾。泥漿入甕時含有約六〇至六五%之水分，在甕之上端，化汽散出。(十) 烘燒後之處理，與乾法同。

烘燒之原理 原料入甕烘燒，所起變化，大概最先為水分之蒸發；次為碳酸鈣及碳酸鎂之分解，復次為鹼質之逐出；復次為第一氯化鐵之氯化為第二氯化鐵；終為氯化鈣及氯化鎂之與氯化矽、氯化鋁及氯化鐵等化合物，而成矽酸鹽、鋁酸鹽及鐵酸鹽，所得即水泥也。大概烘燒水泥，溫度常須至華氏二八五〇度以上，始能使其其中石灰質與粘土質兩種材料完全化合也。

第三節 化學性質

成分 水泥之化學成分，變化之範圍不大，茲將美國及德國所產四種牌號水泥之分析結果，列表如下：

第二表

產地	原料	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
利亥區 (Lehigh District)	水泥岩及石灰岩	19.06	7.47	2.29	61.23	2.83	1.34
美國暹都斯基 (Sandusky)	泥灰岩及粘土	23.08	6.16	2.90	62.38	1.21	1.66
美國芝加哥	鐵渣及石灰岩	23.62	8.21	2.71	61.92	1.78	1.32
德國	白堊及粘土	24.30	8.00	3.22	59.38	0.38	1.46

學者研究水泥成分，多思立公式以御之，如厄刻爾 (Eckel) 氏則謂水泥之學理上成分配合比例，應如下式所示，即：

$$\frac{2.8 \times \text{SiO}_2 (\%) + 1.1 \times \text{Al}_2\text{O}_3 (\%) + 0.7 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 (\%) + 1.0 \times \text{CaO} (\%) + 1.4 \times \text{MgO} (\%)}{= 1}$$

如此公式，各家所擬者，不止一種，但祇可作為參考，而不能據以判定水泥之確實品質，因同一成分之水泥，如烘燒程度差異，則品質亦有分別也。

組織 水泥之成分，已如上述。但各種成分，如何組織而成水泥，則各家學說不同，至今尙無定論。據美國對 (Day) 氏之研究，下列五種混合物，俱可為水泥燼塊之組織物也。

- (1) $0_2O, 3C_2O \cdot SiO_2$ 及 $3C_2O \cdot Al_2O_3$ 之混合物；
- (2) $2C_2O \cdot SiO_2, 3C_2O \cdot SiO_2$ 及 $3C_2O \cdot Al_2O_3$ 之混合物；
- (3) $2C_2O \cdot SiO_2, 3C_2O \cdot Al_2O_3$ 及 $5C_2O \cdot 3Al_2O_3$ 之混合物；
- (4) $2C_2O \cdot SiO_2, C_2O \cdot Al_2O_3$ 及 $5C_2O \cdot 3Al_2O_3$ 之混合物；
- (5) $2C_2O \cdot SiO_2, C_2O \cdot Al_2O_3$ 及 $2C_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ 之混合物；

第四節 物理的性質及其試驗法

總論 水泥之物理的性質中，當注意者，有：(一)比重；(二)細度；(三)健全性；(四)凝結時間；(五)淨水泥及膠沙之牽引強度。在重要構造工程中，須行關於此種性質之試驗，以決定

水泥之合用與否。試驗之時，須遵守標準規則，然後所得結果，乃有比較之價值。今將此五種性質及其通行試驗法，分述如下。

檢樣 試驗水泥之性質時，檢樣一事亦屬重要。須力求使所檢之樣品，足以代表全部水泥。美國材料試驗學會所定規範書中之檢樣方法，如下所述。

試驗時或用單獨樣品，或用複合樣品，隨所指定者行之。每一試驗樣品，至少應重八磅。

(甲) 單獨樣品 如在鐵路貨車檢樣，應從每五十箱取試驗樣品一件。如在水泥儲藏倉中檢樣，應從每一百箱取試驗樣品一件。

(乙) 複合樣品 如在鐵路貨車檢樣，應從每四十袋中之一袋（或每十箱中之一箱）檢取樣品，合成爲一件試驗樣品。如在水泥儲藏倉檢樣，每一件試驗樣品所代表者，應不逾二百箱。

在水泥製造廠檢樣，其方法如下。

(甲) 如從輸送水泥至儲藏倉之輸送機上取樣時，約計在經過輸送機每一百箱水泥中，至少應取八磅樣品。

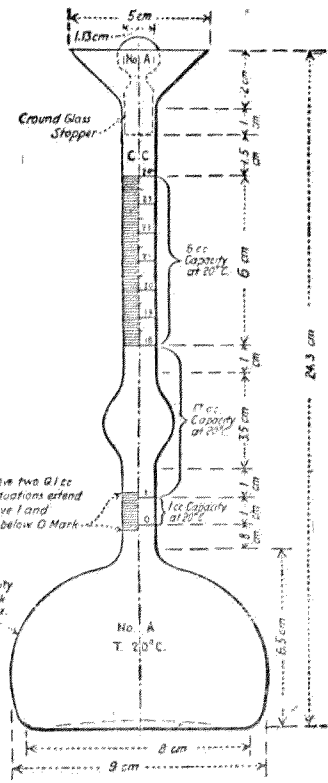
(乙) 如用適當之檢樣直管從填滿水泥儲藏倉取樣時，最深可至十英尺。如倉之構造，適於使用平管取樣，亦可行之。檢樣之處，應均布於倉中各部。

(丙) 如從填滿之水泥儲藏倉，在出口處取樣時，應得充分之量，足以代表倉內之水泥。於放出水泥之前，置指示器於出口處上方水泥表面，由其所指示者，以定所取樣之量。

檢取之樣品應貯在不透氣之容器中，以便移運及儲藏。樣品用每英寸二十絲之篩篩過，使混和均勻，散碎其團塊，除去不相干之物質。

比重 昔時以爲測定水泥比重，可以察出曾否攪有低劣材料及烘燒有無未足之弊，今乃知此種情形對於比重之影響，並不顯著。故比重之測定，遂不視爲特別重要；非經特別指定，則不行之。

依美國材料試驗學會所定規範書，試驗水泥比重，應用第二圖所示之沙忒力比重計 (Le Chatelier apparatus)。用不含水分之石油 (Kerosene) 成本品，其比重不小於波美氏六十二度者，以作試驗。於比重計之瓶中，注入此種液體，俟其表面升至管上零點與一公分間爲止。次取溫度相同之水泥重六十四公分，緩緩送入，勿使有沾着管之內壁者；又將其瓶斜置而旋轉之，使水泥所



計重比力試沙 圖二第

帶之空氣散出。水泥既全送進，則液體表面將升高若干。前後兩次液體表面之差，即為六十四公分
 重水泥所佔之體積。由此得

$$\text{水泥之比重} = \frac{\text{水泥之重量}}{\text{水泥所佔之體積}}$$

當試驗時，應將其瓶浸在水中，以免瓶中液體溫度有大變化，其變化不可逾攝氏 0.5 度。歷

次試驗比重所得之值，相差應不逾 0.01 。

測定水泥比重，即用交到之水泥行之。水泥之比重，應不小於 3.10 。如此重不及此值，應將水泥烘乾再行試驗。

細度 水泥磨粉極細，有種種利益：

(一) 增加強度 考水泥中之顆粒粗者，遇水無變化，其性質竟與沙粒無殊，歷經試驗，得有證明。此因顆粒較粗，則不易全被水所潤溼，遂難結或晶體之矽酸鹽與鋁酸鹽；且顆粒粗者之外面，將內部水泥封住，亦足以阻礙其起化學作用。由此可知，用一種水泥，其磨粉愈細者，製成膠沙之強度，自當愈高；但同一細度之異種水泥，則未必具同一強度耳。

(二) 凝結加速 水泥磨粉愈細，則水化易透徹且加速，遂成速凝水泥。

(三) 增加和沙量 水泥顆粒粗者與細者之水化性既別，故和沙量亦不同；易言之，製出同一強度之膠沙時，水泥愈細者所能和沙之量愈多。

(四) 增加水泥體積 因粗顆粒減少，則顆粒大小漸少差異，其顆粒之配合，遂不能如前密實，

而空隙量隨以增加也。

總上所述，可知水泥以磨粉愈細爲愈妙，但勿使價值增加過昂，斯可矣。

測定水泥細度，用標準式樣之篩行之。依美國材料試驗學會所定規範書，製篩之網布，應用黃銅絲或青銅絲，或其他種適宜材料所製之絲織成；網布蒙在框上，應無扭捩，且篩面在框面之下，不可小於一英寸半。篩框應作圓形，直徑約爲八英寸，可附以一篩盤及篩蓋。

標準式樣之第二百號篩，每一英寸有二百絲，而絲間距離有○·○〇二九英寸，經美國標準局較準，且與下列之規定相合。

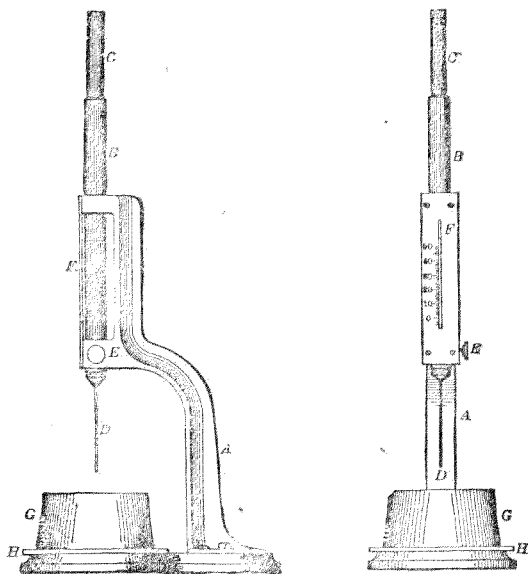
第二百號篩，每英寸應有二百絲，而篩中任何一英寸中之絲數，應不少於一百九十二根，亦不多於二百〇八根。在任何兩平行絲間之空隙，須不寬於○·○〇五〇英寸。絲之直徑應爲○·〇〇二一英寸，而任何一絲之直徑，應不少於○·〇〇一九英寸，亦不多於○·〇〇二三英寸。以在第二百號篩上餘存二五至二〇%之標準水泥，或粗細分別相類之材料，依標準規範書，取擬用之篩，行分析試驗，其所得結果數值，與美國標準局所用之標準比較，相差之度，應不在一·五%以上。

依美國材料試驗學會所定規範書，用篩分析水泥，應用五十公分重之樣品。篩須完全潔淨而乾燥。置水泥於第二百號篩中，如將篩盤及篩蓋裝上，亦無不可。用一手執篩，使之微斜，全樣品在篩面均勻分佈，而於向上搖動時，以另一手掌心輕擊篩之邊框，每分鐘約擊一百五十次。每擊二十五次，將篩轉過圓周六分之一，依同一方向進行。如此搖動敲擊旋轉，至每一分鐘篩下之水泥，不逾○
●五公分重時爲止。從篩餘水泥重量對於原來極品重量之百分率，即得決定水泥細度。

依美國材料試驗學會所定規範書，在第二百號上留存之水泥重量，應不逾原來樣品重量之
二二%。

尋常所見之水泥，細度當在上述範圍之內，而其遺留在第二百號篩上之重量，應有一○至一五%之譜。磨粉過細，對於增加強度固屬相宜，但如費用過鉅，則又不經濟矣。

水泥糊與膠沙之製法 欲測定水泥之健全性，凝結時間，及強度時，第一步爲依標準方法，製成水泥糊及膠沙。美國材料試驗學會所定規範，如下所述：每次試驗，所用乾燥材料重量，應不逾一千公分，亦不少於五百公分。水泥或水泥及沙之比量，應以乾燥材料重量公分之數，十之二十，即十之二十。



器氏卡維 圖三第

量，以體積公分之數計之（體積一公分之水，重量為一公分。）乾燥材料秤過後，置於不吸水之表面上，如用沙時，將其混和透徹，造成低窪之中心。將適當分量之清水，傾注於此。用慢刀將乾燥材料在外方者，翻入中心低窪處。歷時半分鐘，容其水被吸收後，以手繼續用力混和壓搾揉捏，如是至少歷時一分鐘。在混和之時，兩手須著橡皮手套。室中強度及和水之溫度，務須保持與攝氏溫度二十一度（即華氏七十度）極相近。

正則稠度 淨水泥糊試驗樣品應作成正則稠度。正則稠度，依美國材料試驗學會所定規範書，係用維卡氏器 (Vicat Apparatus) 定之。此器如第三圖所示，有一支架 A，支持一活動之桿 B，此桿重三百公分，其一端 C 長六公分一段，直徑為一公分，別一端具一可折換之針 D，直徑為一公釐，長為六公分。此桿能上下倒置，且能藉螺釘 E 固定之於任何地位，而當兩端之中點有一標記 F。附於支架 A 上者，有一刻度表 (劃分作公釐)，此標記 E 即在其後移動。水泥糊置在一上小下大環之圓環 G 中，環為硬橡皮製，底部直徑為七公分，高四公分，置在一玻璃板 H 上，板約十公分見方。

行稠度測定時，應用五百公分之水泥，與某一定量之水相混和，依前述之方法，揉捏成糊，急用手搓成圓球，由此手擲至彼手，復由彼手擲致此手，兩手相距約六英寸，如是接擲六次，取此球置於一手掌，取圓環置於別一手上，即將水泥球壓入圓環大口中，全行填滿，其溢出於圓環大口外之糊，則移動手掌而去之。於是將圓環之大口置於玻璃板上，其溢出於圓環小口外之糊，則用慢刀於環上斜刮去之。在此項動作中，切須注意，勿壓其糊過緊。將玻璃板上橡皮環內之糊，置在維卡氏器針桿之下，移圓桿之粗端與糊面相接觸，於是察核標記 F 在刻度表上相對之處，乃將其桿急速放鬆

落下。如當其桿放開後半分鐘之時，桿端落於原來糊面下十公釐者，則其糊為具正則稠度。當試驗時，勿使其器受任何震動。應依各種比量和水，造成試用之水泥糊，逐一試驗，以求得正則稠度。所需水量，以相當於乾水泥重量之百分率表示之。

膠沙樣品，須作成標準稠度，視由同樣水泥製成正則稠度水泥糊所需水量而定。美國材料試驗學會所定標準，如下所述：既經測定水泥糊之正則稠度含水量百分率，則可從下表查出製成相當之標準稠度膠沙含水量百分率，係以相當於乾燥水泥及沙二者總量之百分率計之。

第三表 標準膠沙含水量百分率

正則稠度之淨水泥	一分水泥三分鄂大瓦標準	正則稠度之淨水泥	一分水泥三分鄂大瓦標準
糊中含水百分率	沙之膠沙中含水百分率	糊中含水百分率	沙之膠沙中含水百分率
一五	九〇	二三	一〇・三
一六	九・二	二四	一〇・五

一	七	九·三	二	五	一〇·七
一	八	九·五	二	六	一〇·八
一	九	九·七	二	七	一一·〇
二	〇	九·八	二	八	一一·二
二	一	一〇·〇	二	九	一一·三
二	二	一〇·二	三	〇	一一·五

健全性 水泥之健全性 (soundness) 指其不含有使強度及耐用性等減退之性質而言。凡水泥在凝結之後膨脹而起分裂破壞者，即為不健全之表示。健全性實為水泥之最重要性質。水泥如不能抵抗空氣，或水之作用，而起分裂破壞，則在當初試驗之時，強度雖高，固一無價值耳。

水泥之所以有缺乏健全性之病者，原因不一：

(一) 最重要之原因，為含有游離之石灰。此物至水泥已經凝結以後，方行水化，故使水泥膨脹。

破壞。考此物之由來，或因原來成分中石灰太多，除生成矽酸化合物與鋁酸化合物所需之量外，尚有未經化合之餘量；或因烘燒水泥以前，原料之混和未勻，以致製出水泥成分亦不均勻；或因烘燒之時，溫度未足，以致未能全行造成矽酸化合物及鋁酸化合物，而有游離石灰殘存。假若此種游離石灰，當水泥水化時，亦已潤溼，則能於水泥凝結以前，即行水化。但如水泥磨粉不細，則混和之水，不易滲入水泥顆粒之中，直至水泥凝結以後，游離石灰方行水化，遂缺乏健全性。故將水泥磨粉至極細，佐之以充分之陳置作用，自能令其健全性加高也。

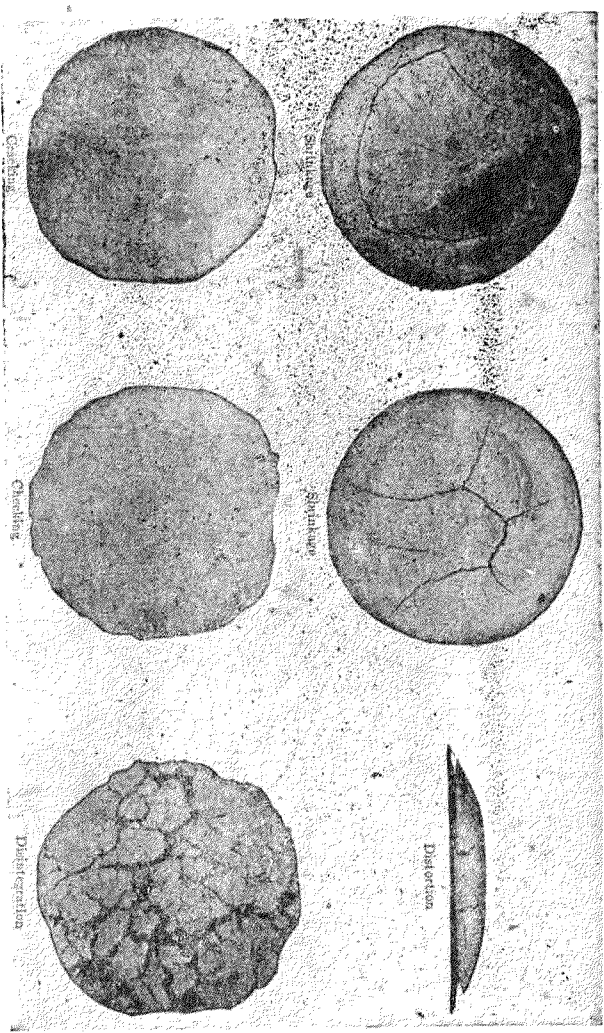
(二) 所含氯化鎂過多。此物在燒過之後，水化極緩。是以水泥所含氯化鎂之量，應以5%為限。

(三) 含硫之量過多，似亦能引起缺乏健全性之弊。但如含量不多，則不至有損。

依美國材料試驗學會所定標準，測定水泥之健全性，係用一蒸汽加熱器，其中溫度保持在攝氏九十八度與一百度之間。

試驗之時，取依前述方法製成之正則稠度水泥糊，就約四英寸見方之清潔玻璃板上，製為圓餅，直徑約三英寸，中心厚約半英寸，周圍成薄邊。法為先將水泥糊在玻璃板上鋪平，然後用墁刀自

果醬之驗試性全健餅泥水 圖四第



外圍向內刮之，以成圓餅。製成後首貯藏於溼空氣中，歷二十四小時。繼移入蒸汽加熱器內，承於相宜之支架上，離沸水面一英寸處；器中蒸汽溫度保持在攝氏溫度九十八度與一百度之間，如是歷五分鐘。屆時此餅應強固堅硬，而無有扭振 (distortion) 裂縫 (cracking) 破碎 (chipping) 或崩解 (disintegration) 等現象，如第四圖所示。如水泥餅與玻璃板相離時，攷察其是否扭振，最妙用一直條，就水泥餅與玻璃板相貼之面上較量之。

凝結時間 水泥隨其用途之不同，有宜速凝者，有宜緩凝者。依美國材料試驗學會所定規範書，如用維卡氏器試驗凝結時間，則其初凝 (initial setting) 應在四十五分鐘以內；如用季爾摩氏針 (Gillmore needle) 試驗時，應在六十分鐘以內。其終止凝結 (final setting) 時間，應在十小時以內。水泥於終止凝結以後，猶繼續硬化。凝結時間之長短，與在製成後七日或二十八日之強度，並無關係。

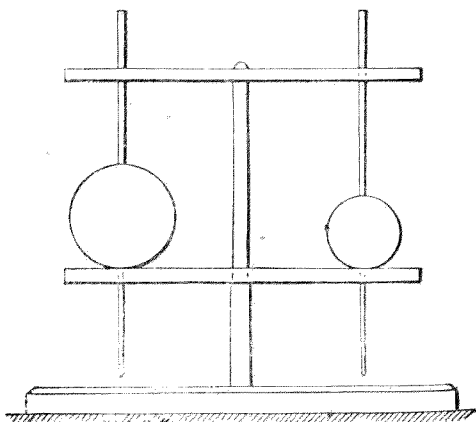
試驗所得之凝結時間，隨溫度，試驗情形，試驗樣品，含水多寡等而異。故作此試驗時，用水量必須按照所定標準。如用水過多，則凝結時間定較長，固顯而易見也。

依美國材料試驗學會所定規範書，試驗水泥凝結時間之法有二，可擇一用之。

(一)用維卡氏器測定水泥之凝結時間。取正則稠度之水泥餅，裝入硬橡皮環G中，置於活動桿B下，移桿之成針狀一端，與水泥糊表面相接觸，動作須謹慎精密，乃將此桿急速解放。如其針在放落後半分鐘內，落至玻璃板上五公釐之處而止，是為已現始凝之象；如其針不見陷入水泥糊中，是為已現終凝之象。在試驗時，應將樣品保存在溼空氣中。此可將樣品置於水盆內之支架上，置絲網承溼布覆之；或貯藏於溼器之內。試驗器之針須保持清潔，因如針之側面沾染水泥，將阻礙針之穿透；如針之尖端，沾染水泥，將增加穿透也。凝結時間，不僅受用水之比量，用水之溫度，與水泥餅揉捏功夫之深淺而異，且與空氣之溫度及溼度有關，測定之結果，亦不過得其約略而已。

(二)用季爾摩氏針 (Gillmore needle) 測定水泥之凝結時間。取正則稠度之水泥糊製成圓餅，直徑約三英寸，厚約半英寸，具有平頂，製成後貯藏於溼空氣中，其溫度宜與攝氏溫度計二一度（即華氏七〇度）極相近。取直徑為十二分之一英寸，而載重為四分之一磅之季爾摩氏針如第五圖，置於水泥餅上時，如並無顯著之陷痕，是為水泥已現始凝之象。取直徑為二十四分之一英

(a) Pat with top surface flattened for determining time of setting by Gillmore method



針氏摩爾季 圖五第

寸，而載重爲一磅之季爾摩氏針，置於水泥餅上時，如並無顯著之陷痕，是爲水泥已現終凝之象。當試驗時，針應保持直立位置，輕輕放落，加於水泥表面。

強度 關於水泥強度之試驗，有祇測定水泥膠沙之牽引強度者，如美國材料試驗學會所定規範書是，亦有兼測定淨水泥之牽引強度者，如美國政府所定規範書是。水泥無不與沙混和而單獨使用者，且淨水泥之強度，並不能指示膠沙之強度，故不試驗淨水泥之強度，自屬合理。又在工程設計中，並無利用水泥牽引強度之處，故就理論

上言之，乃以試驗水泥之擠壓強度，方為正當。習慣上之所以祇試驗牽引強度，乃假定其足以表示水泥質地之優劣，并水泥能抵抗擠壓力之程度。實則牽引強度與擠壓強度之間，並無一定之比率也。

依美國材料試驗學會所定規範書，一比三膠沙樣品牽引強度，應有下表所示之數值，或超過之。

第四表

試驗時距製成時之日數	樣品藏置情形		應有之牽引強度以每方英寸若干磅計
	在溼空氣中	在水中	
七	一日	六日	二〇〇
二八	一日	二七日	三〇〇

依美國政府所定規範書，水泥強度應如下表所列。

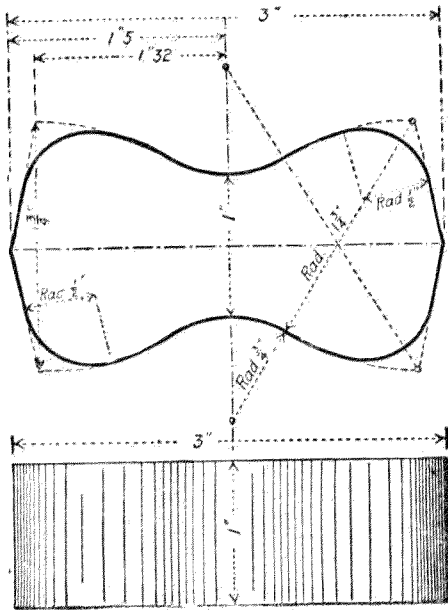
第五表

樣品	試驗時距製		樣品藏置情形		應有之牽引強度以每方英寸若干磅計
	成時之日數	在溼空氣中	在空氣中	在水中	
淨水·泥	七	一日	六日	五〇〇	
	二八	一日	二七日	六〇〇	
三比三水	七	一日	六日	二〇〇	
	二八	一日	二七日	二七五	
泥膠沙	二八	一日	二七日	二七五	

依美國材料試驗學會所定規範書，牽引試驗樣品之形式如第六圖所示，以便夾在試驗機之夾口 (Grip) 中。製造樣品之型，應為不生銹之金屬所製，型邊之寬須足度，以免製樣品時，其型向外擴大。

製膠沙樣品，所用之沙，對於強度大有關係，故應有標準。美國材料試驗學會所定規範書，限定

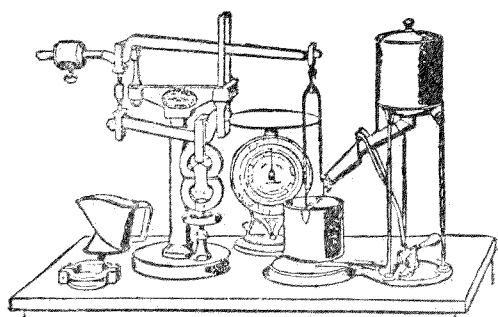
用產於伊里諾斯省鄂大瓦 (Ottawa) 之天然沙，用篩篩之，取其穿過第二十號篩而留存於第三十號篩上者。此種沙可從鄂大瓦砂石公司購取。此種沙之已穿過第二十號篩者，如取五百公分重量，置於第三十號篩上，繼續篩之，歷時一分鐘，而篩下之重量，不逾五公分者，即認為標準沙。所用



品樣驗試引牽泥水 圖六第

第二十號篩之經絲，量準每一英寸之絲數，應在一九·五與二〇·五之間；其緯絲，量準每一英寸之絲數，應在一九與二一之間。絲之直徑應為〇·〇一六五英寸，而平均直徑應不出〇·〇一六〇與〇·〇一七〇英寸限度之外。第三十號篩之經絲，量準每一英寸之絲數，應在二九·五與三〇·五之間；其緯絲，量

準每一英寸之絲數，應在二八·五與三一·五之間。絲之直徑應為〇·〇一一〇英寸，而平均直徑應不出〇·〇一〇五與〇·〇一一五英寸限度之外。



第七圖 水坭牽引試驗機

製造試驗樣品，所用膠沙混和以後，隨即置入型中，用拇指壓實，用墁刀推過，將其面刮平，但不可擊之。應加膠沙，堆於型上，用墁刀刮平，墁刀推過時，應執持得法，使對於膠沙，施適度之壓力。於是將型翻轉，對於樣品之他面，加堆膠沙，亦用拇指壓實而刮平之。

牽引強度試驗機如第七圖所示，為自動試驗性質。於左方上部漏斗中置入鉛丸，使與右方之重量保持平衡。將試驗樣品置入夾口之中。於是放出漏斗中之鉛丸，便流入彈簧縱上之容器中，迨右方之重量越過左方漏斗中鉛丸重量之數值，逐漸增加，終因此將樣品拉斷。當樣品拉斷之時，鉛丸之流

下自動停止，由流出之重量，即可算出牽引強度。夾口之夾住樣品，務須在其中央，而上下兩夾口，亦須在一直線上；否則因載重偏斜，結果不能正確矣。

樣品之藏置情形，與其強度大有關係，故亦須有標準。美國材料試驗學會規範中所定者，如下所述。藏置樣品之濕箱，爲滑石製，或板石製，或三和土製，或木板製而內有金屬片貼壁。如用木箱，其內容應用溼泥或溼通草片鋪貼。箱底應被水淹沒。箱內應有由不吸水材料製成之格架，爲放置試驗樣品之用。格架之布置，應便於取出樣品。試驗樣品一經製成，即置入溼箱中，歷二十至二十四小時。樣品應保存在型中，置於玻璃板上，放入溼箱中，至少歷二十小時。樣品在溼空氣中歷二十四小時後，應浸在清水中，其水盛在用不生銹材料製成之蓄水箱內。空氣及水之溫度，務須保持與攝氏二一度（即華氏七〇度）極相近。

第二章 沙

第一節 品質總論

品質研究之重要 沙爲製造膠沙及三和土之材料，其品質對於成品之優劣，有重要關係。但尋常對此，往往不甚注意，實屬錯誤。水泥爲人造材料，品質能整齊優美，非如沙爲天產材料，品質至多差異，故製成膠沙，或三和土之優劣，所受用沙品質影響，實常較所受水泥品質之影響爲多。由此可見用沙品質之重要，絕不容忽視也。

應具之品質總論 供建築材料用之沙，應爲剛硬之石英顆粒，不雜有鹽母，粘土，草梗，樹葉，及別種有機質。其顆粒以較粗者或自粗至細分配有序而粗粒較多者爲宜。若能自粗至細，分配有序，恰使其空隙量減至最小者，是爲最佳之沙。其所含細顆粒不多，故外觀與粗沙相似。材料規範書中，有指定沙之顆粒須尖銳者，此條實屬不必；因顆粒近圓之沙，所含空隙量實較少，且易得密實，而製成膠沙之性質，初未遜於尖銳之沙所製者也。

第一節 成分及雜質

礦物成分 沙以全由石英顆粒組成者為最佳。如含有雲母，普通角閃石，長石，石灰石等，則視其為量之多寡，而為有害或無害；此種物質，軟弱易碎，沙中含量若稍多，則製成膠沙或三和土之強度，便因之降低。雲母雖含量極微，而為害甚著。但沙之礦物成分，尚不如其物理性質之重要耳。

雜質 製造膠沙欲求強度特高，不能不注意於用沙之清潔，因如用不潔之沙，則沙粒表面為污穢物質所包圍，而水泥不能膠着緊密，其強度自不能高也。沙中決不可雜有草梗樹葉等顯而易見之有機質。沙中所含壩埠之量須低。沙中所含粘土是否有害，隨製膠沙時用水泥多寡而異。用水泥豐富者，如一比二膠沙，含粘土雖少，強度已因之降低；用水泥較少者，如一比四膠沙，加極細粘土一〇至二〇%，反令強度增高也。總之，沙中所含細泥及有機質，如在二%以上，即應製成膠沙，驗其強度，藉知雜質究竟有若何損害，以決定其沙之取舍也。

如不能得清潔之沙，則當用水洗滌，去其雜質，其法不一。有置沙於平篩口，用水沖射者；有置沙於旋轉之圓筒篩內，用水濾過者；有用螺旋形輪葉洗沙機，以行洗滌者。

第三節 顆粒之研究

總論 研究沙之顆粒，以定其品質是否相宜時，當注意者有細度及空隙量二項，分述於下。

細度 沙粒以粗者爲優。(一)沙粒愈粗，則製成膠沙強度愈高。(二)沙粒愈粗，則每一單位體積中沙粒之表面積愈小，而所需以被覆其表面之水泥愈少，有節用水泥之利。此皆重要之點也。

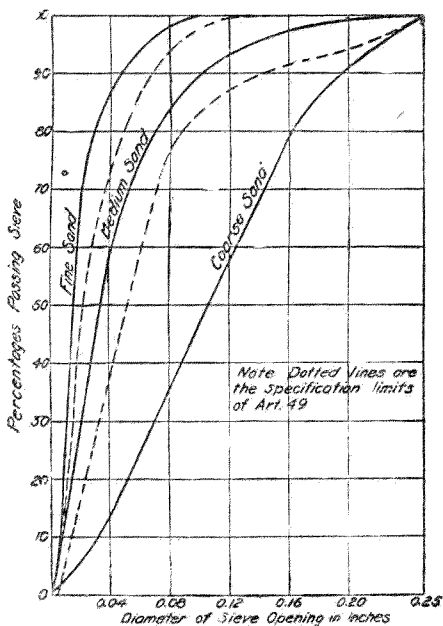
沙之細度及顆粒粗細分配情形，須經用篩分析後始能明瞭；但憑目力攷察，不能得正確觀念。往往有一見似屬粗沙者，實則含細粒甚多，其效用竟與細沙無異也。

用篩分析 用篩分析 (mechanical analysis) 者，用各種粗細之篩，分篩沙粒爲若干粗細等級，而定其分配情形者也。其篩須依通行標準式樣，直徑爲八英寸。孔之大逾十分之一英寸者，應用黃銅片上鑽圓孔製成；孔之小者，應用黃銅絲織成。銅絲篩篩孔之粗細，以號數爲記，號數係依每英寸所有細絲之數計之，但實在每英寸銅絲之數，亦略有差異。美國紐約公共事務委員會 (New York Public Service Commission) 對於製造膠沙及三和土所用之沙，定有分析所用之篩之號

數及孔之大小，并穿過篩孔顆粒百分率之大小限，舉之如下。

第六表

篩之種類	篩孔之直徑以英寸計	穿過篩孔顆粒百分率之大小限
四分之一英寸	○·二五〇	一〇〇
十六分之三英寸	○·一八七	在九三與一〇〇之間
第六號	○·一三八	在九〇與一〇〇之間
第十號	○·〇七七	在七五與九三之間
第十五號	○·〇四六	在四八與八〇之間
第三十號	○·〇二二	在二〇與五〇之間
第五十號	○·〇一一	在二與三〇之間
第一百號	○·〇〇五五	在〇與七之間



圖八第 四種粗細沙之用篩分析示圖

沙之用篩分析結果，可作成示圖，以表示之。第八圖為四種粗細沙之用篩分析示圖。此四種沙之性質如下表所列。

第七表

沙之種別	細度情形	空隙量	製成一比三膠沙在一百八十日時 之牽引強度以每方英寸若干磅計
第一種	顆粒極細而整齊有八〇 %穿過第三十號篩	四〇・九%	三八〇
第二種	顆粒細者多但自粗至細 分配有序較第一種爲勻	三一・六%	四八八
第三種	顆粒粗細適中分配亦勻	二八・〇%	六七〇
第四種	顆粒粗者多分配亦勻	二八・〇%	七三一

由此示圖，可見顆粒粗細分配有序者，其分析曲線，近於直線也。

沙粒細度與膠沙強度之關係。沙粒愈粗，則膠沙之強度愈高。曾有人試驗，以同一種類之沙，分成各種粗細等級，與同一牌號水泥，作成膠沙，定其強度，如第八表所示。由此可見粗沙製品之強度，顯然較細沙製品為優。丁字沙較丙字沙之製品強度為高，或係因丁字沙顆粒粗細之變化範圍較大之故；信然，則粗沙之優點，猶較表中所顯示者為甚；因就顆粒粗細變化範圍之廣大而論，甲乙丙三種粗沙，均不如丁至辛五種細沙也。

第八表 沙粒細度對於一比二膠沙之牽引強度之影響

沙之標號	沙粒能穿過之最小篩孔號數	沙粒不能穿過之最大篩孔號數	一比二膠沙之牽引強度以每方英寸若干磅計				
			七日	一月	三月	六月	十二月
甲	四	八	二四三	四四二	五三九	四七〇	六六五
乙	八	一六	二六九	三四五	四七三	五一二	五七二
丙	一六	二〇	一八六	二五〇	三一三	三九七	三九六

丁	二〇	三〇	二一一	二八一	三二二	四〇二	四四〇
戊	三〇	五〇	一四九	二〇五	二三八	二七五	三一八
己	五〇	七五	一二二	二一四	二六〇	二七五	三〇八
庚	七五	一〇〇	九八	一五三	二一一	二〇八	二五三
辛		一〇〇	九八	一五五	一六一	二二九	二七一

沙粒粗細之限度 製造砌工之膠沙時，所用之沙，須將夾雜之粗卵石篩出。製造三和土時，所用之沙，可不如此篩分；但如所含粗卵石過多，則以篩分為宜。所用之篩為四分之一英寸篩孔，篩出之顆粒，亦可作為卵石用之。

如沙中所含穿過第五十號篩之細粒為量在三〇%以上，則此沙為細沙，常不相宜，須考察所製膠沙之性質，如能合格，方可使用。

空隙量 沙中空隙量愈少，則所需以充填其間之水泥愈少，而費用愈省；故沙中空隙量與料

價有直接之關係，此點甚屬重要。

測定沙中空隙量百分率，有直接間接兩法，分述如下：

(一) 直接測定沙中空隙量，可取某定量之水，盛於容器甲中，又取一已知體積之容器乙，乃從甲器注水入乙器，占其一部，於是取沙粒緩緩撒入乙器。俟與水面中，再加注水，并繼續撒入沙粒。如是反復行之，直至乙器中水已注滿，而沙面亦與水面齊平為止。將所注入水之體積，以乙器之體積除之，而乘以一〇〇，即沙中空隙量之百分率也。

(二) 測定沙中空隙量，又有一極簡便而不失正確之間接方法。即取某一定體積之乾沙，測定重量，於是由其比重，計算其中實體所佔之體積，復算出其空隙量百分率。考一切成沙之物質，比重均在二·六與二·七之間；若假定其平均數二·六五為沙之比重，則計算結果，可以充分正確。設W為乾沙一立方英尺之重量，V為實體之絕對體積，而P為空隙量百分率，則 $V = W / (62.5 \times 2.65) = W / 166$ ，而 $P = 100(1 - W / 166)$ 。

含水量與空隙量之關係 沙中含水量之大小，對於空隙量，大有影響。細沙有二%含水量時，

較之其乾燥時，竟增加空隙量至二〇%之多；迨含水量增加甚多時，而空隙量又隨之減少。故測定空隙量，務取乾燥之沙試驗，否則所得結果，不能準確，難作比較。計算沙中含水量，可先測定某一定體積溼沙之重量，繼加熱除其水分，再測定重量；兩次重量之差，即為水分之重量，由此便能算出水分所佔之體積并其百分率。

沙中空隙量之百分率，最大者為顆粒極整齊之沙，常在四〇至四五%之間，最小者為顆粒自粗至細分配有序，而粗粒較多之沙，約得二八%。普通優良之沙，空隙量在三〇至三五%之間。

第四節 膠沙試驗

膠沙試驗 研究沙之品質，最可恃之法，則為用某種已知品質之水泥，與沙相和，製成膠沙，而驗其強度及產率。

常行之強度試驗為牽引試驗，但如能行擠壓試驗尤佳。

產率試驗，係測定某定量之水泥與某定量之沙相和，製出膠沙多寡之試驗。法為依實際採用之膠沙配料比重，分別量出應需重量水泥及乾沙，按照實際所用之稠度，和水製成膠沙。取此膠沙

置入試驗所備之筲中，自上面捶實，記其高度。又依此法，取同一重量之別種沙，照同一比量與水泥相和，製成同一稠度之膠沙，置入筲中捶實，定其體度。如此取所有之沙，施行試驗。其中製出膠沙柱最短之沙，即所謂產率最小之沙，為最優良之沙。

第五節 沙之選擇法

沙之選擇法 在某處工程中，選擇所用之沙，先就其品質依前節所述種種試驗方法，研究各種沙之品質，以比較其中何種所製膠沙之強度最高，或實度最高，後再比較其價值。有時本地所產之沙價值雖廉，却不如增加運費從別處購取優良之沙為合算。有時則從遠處購取優良之沙，價值太昂，又不如即用本地所產次等之沙，多用水泥以提高強度，較屬合算；或竟不用沙，而取篩過碎石屑代之，為有價廉物美之利。凡選擇之時，須顧慮種種事實，乃能取決也。

第六節 篩過碎石屑

篩過碎石屑 由軋碎石篩出之細屑，有時用以代沙，作製膠沙或三和土之原料。用沙岩碎石製成膠沙，較用沙製成膠沙之強度略高。用石灰岩碎石製成膠沙之強度更高，其差異似又隨成

品年齡而俱增，有時強度竟可較最良之沙製成膠沙之強度大過半倍或一倍；其強度之高，諒由石層尖銳所致，而其隨年齡以增加，則或由於水泥與灰石岩間，有某種化學作用也。石層之空隙量較沙爲小，在三〇%以下，尤以石灰岩質者爲低；此亦膠沙強度得以較高之一原因。但石層中常含有大量極細之粉末，故須經過用篩分析，定其細度，如極細之粉過多，則須於設法篩出之後，方可使用也。

第三章 粗粒料

第一節 總論

總論 粗粒料指製造三和土所用粗大塊粒材料而言。常用者爲碎石及卵石，間有用煤渣、鐵渣、碎磚、礦灰等者。

強度 粗粒料應具充分之強度，至少須與淨水泥相等，但亦不求異常之高。

硬度 粗粒料應有之硬度，隨三和土之用途而異；如作樓板地板，及鋪砌街道所用之三和土，因須能耐受重大之磨蝕，故粗粒料須具有受刀劃而不破之硬度，別處所用粗粒料，無須如此堅硬，但得強韌已足。

雜質 粗粒料應清潔，不含有壩母、粘土，及有機質等一切有害之雜質。

顆粒之大小限 粗粒料顆粒之小於○·二五英寸者，應行篩去；或遇品質優良者，亦可存留以代同量之細粒料。顆粒之最大限度，隨三和土之用途而定，如用於體積巨大之建築物，如基礎

之類，可以二英寸半爲限；如用於跟座，可以二英寸爲限，如用於拱圈，可以一英寸半爲限；如用於橋梁，薄牆，鋼骨三和土建築，及別種普通小件構造物等，當以一英寸爲限。三和土之強度，略隨粗粒料之加大而增高，故能用較大顆粒時，自不宜採用較小者耳。

顆粒之形式 粗粒料顆粒之形式，以約略作立方形或圓形者，較之平扁者或狹長者爲佳，因前者較後者易於攢聚密實故也。

顆粒粗細分配情形 製造三和土時，如所用材料相同，而其配料比量亦相同，所異者獨在混和物之空隙量；則其空隙量減至最少者，其成粒之強度爲最大。欲求空隙之減至最小，則須使粗粒之較大顆粒，由較小顆粒充填，而較小顆粒，復由沙粒充填。故粗粒料之顆粒，乃以自小至大，分配有序者爲佳。若粗粒料全由同一式樣之顆粒組成，則製成三和土，不能得最高之實度與強度矣。研究粗粒料顆粒大小分配情形之法，與研究細粒料之法相似。若就最大顆粒爲二英寸之粗粒料言之，則其自小至大各種顆粒之百分率，宜符合下表所列之大小限。

第九表 粗粒料顆粒粗細之分配表

篩孔之大 小以英寸計	穿過方孔篩之百分率		穿過圓孔篩之百分率	
	最小限	最大限	最小限	最大限
二·〇〇	一〇〇	一〇〇	一〇〇	一〇〇
一·五〇	九五	一〇〇	七五	九五
一·二五	六五	九二	五〇	八五
一·〇〇	四〇	八〇	三五	七〇
〇·七五	二五	六〇	二〇	五〇
〇·五〇	一〇	四〇	七	三五
〇·二五	〇	五	〇	五

粗粒料之空隙量 粗粒料之空隙量，可以直接測定，法與測定沙之空隙量之法相似。亦可由其比重算出，設以 V 為粗粒料之體積， W 為此體積粗粒料之重量， G 為粗粒料之比重，而 P 為空隙

量百分率則

$$P = 1 - W/V (G \times 62.5)$$

作三和土粗粒料之各種石料之比重，無大變化，約如下表所列。

第十表 粗粒料之比重

石料類別	比重
深暗岩	二·八至三·〇
花剛岩	二·六五至二·七五
石灰岩	二·六至二·七
沙岩	二·三至二·六
卵石	二·六至二·七

粗粒料之空隙量與其鬆實之情形，大有關係。通常測定空隙量，係以將粗粒料用鏟送入容器

中，略加捶實時之情形爲準。

粗粒料之空隙量，自三〇%至五五%不等，隨顆粒之形式，及其大小分配之情形，與攢聚是否緊密而異。由軋石機軋出之碎石，其中細石粉已經篩去者，如屬疏鬆堆置，則空隙量約在四三%至四八%之間。如屬捶實與三和土放置之情形相同者，則空隙量減小一〇%之譜，即在三七至四二%之間。碎石用篩篩過，使顆粒成同一大小者，空隙量約在五〇%至五五%之間，比量最高。與碎石同大之卵石，空隙量較碎石爲小，因其攢聚較密之故。如將卵石中之沙篩出，其空隙量常在三五%至四〇%之譜。

第一節 碎石

碎石 作粗粒料之碎石，量常用者爲深暗岩 (trap rock)；其硬度，韌度及強度均高，又能耐高熱，故作粗粒料，最爲相宜。花崗岩 (granite) 品質亦優。此二種用於樓板地板街道路面等受磨蝕劇烈之處，極爲相宜。

白雲岩 (dolomite) 及硬質石灰岩 (limestone) 用作粗粒料，亦頗通行。質地雖不及花崗

岩之剛硬，然製成三和土之強度，初不稍遜，而其抗火之性，猶且過之。軟質石灰岩質地疏鬆，製造三和土時，須先使其潤溼透徹，否則吸收膠沙中水分，妨害硬化作用，而成品之強度因之降低。沙岩 (sandstone) 之堅強密實者，尚可用為粗粒料，但用者甚少；若夫軟弱疏鬆者，則絕不可用。

第三節 卵石

卵石 選擇卵石作粗粒料之法，與選擇作細粒料之沙相同。用卵石製三和土鋪成地板或路面時，如地面受劇烈磨蝕者，其卵石須具有刀割不破之硬度，方能合用，且各塊之硬度須整齊。在作別項用途之三和土，注重在極度者，則用質地稍軟之卵石，亦無不可。卵石含有多量爛石者，不可用。含有粘土、壙埠及一切有機質之卵石，可洗淨用之。卵石以近圓形者為優。扁平者製成三和土不能密實，故不佳也。

第四節 碎石與卵石之比較

碎石與卵石之比較 卵石製之三和土，較碎石所製者，為易於流動，且得密實，而所需捶實工作亦不多，此皆因卵石表面圓滑之故。就擠壓強度言，卵石三和土，似易升至最大強度，但歷時一年

後，兩者即無甚差異。卵石三和土似較碎石三和土爲難於滲水，諒因質地稍密實之故。卵石三和土，質地似不如碎石三和土之整齊，此乃由卵石質地每不整齊所致。

第四章 水泥膠沙

第一節 總論

水泥膠沙 水泥膠沙爲用水泥及細粒料和水製成。其成分以水泥與細粒料之比量表示之，如一比三膠沙，即指含水泥一分含細粒料三分者而言；在實地工事中，常以體積計算比量，在標準試驗中，常以重量計算比量。

第一節 原料

水泥 製造水泥膠沙之水泥，應用品質合於標準規範書之品。

細粒料 製造水泥膠沙之細粒料，應具之品質，及其選擇方法，已述於前，今不再論列。

水 製水泥膠沙所用之水，須取清潔而不含有油類、酸類、鹼類，及一切有害之有機質與無機質者。大概合作飲料之水，亦宜用於製造膠沙。

第二節 膠沙之配料

配料比量計算法 配料時根據所用材料之性質及所需成品之性質，以定所用水泥與細粒料之比量。其比量之計算法有兩類。

(一)依材料重量計算，最爲正確。在膠沙之標準試驗多用此法。

(二)依體積計算。實地工作，通用此法。又隨細節分爲二種。

(甲)水泥以每袋作爲一立方英尺或每筭作爲三·八立方英尺計算，而細粒料以疏鬆者之體積計算。此法間有用者。

(乙)水泥及細粒料俱依疏鬆體積計算。此法最爲通行，惟最不正確。

通行配料比量 通常在磚砌工或石砌工所用水泥膠沙，配料比量，爲一比二或一比三。在作地板或路面之面層膠沙，以及填嵌污水管之接縫等時，配料比量，爲一比一。

製造一立方碼之水泥膠沙時，如所用之沙爲自粗至細，分配整齊，而質地良好之沙，則所需水泥及沙之量，如下表所列。計算之時，一筭水泥，作爲三八立方英尺。

第十一表 水泥膠沙所需原料分量表

配 料 比 量

水 泥 (筭)

沙 (立 方 呎)

一 比 一

四 · 八 八

〇 · 七 〇

一 比 一 · 五

三 · 八 五

〇 · 八 二

一 比 二

三 · 二 〇

〇 · 九 〇

一 比 二 · 五

二 · 七 〇

〇 · 九 六

一 比 三

二 · 三 五

一 · 〇 〇

一 比 四

一 · 八 四

一 · 〇 五

一 比 五

一 · 五 二

一 · 〇 八

一 比 六

一 · 三 〇

一 · 一 二

第 四 節 膠 沙 之 混 和

手工混和 膠沙常用手工混和，法如下述。取一次混和用沙之半量，平攤於泥和箱中，加鋪水泥，再將餘半量之沙攤上。用鏟將水泥反復鏟起，以行乾拌，如是翻轉二次或四次或六次，使兩者和成一色。次將此乾燥混和物，堆置混和箱之一端，而灌水於箱之他端。復次用鋤將乾燥混和物逐漸挑入水中，用力攪拌，以成膠沙。如膠沙之稠度已經適度，則拔起鋤時，膠着於鋤條之膠沙，為量甚微。膠沙和水之量，寧失之稍多，勿失之太少。

膠沙噴射機 製造膠沙，亦可用膠沙噴射機 (cement gun)，此機兼具放置膠沙之功用。機之主體為一直立之器，分上下二室。使用之時，先啓上室頂部與外方相通之錐形閥 (cone valve)，經此送進水泥與乾沙之混和物。次閉此錐形閥，而啓上室底部與下室相通之錐形閥，容混和物落入下室，而復閉之。下室中有平置之輪，具輻射之臂，旋轉不息，遂將膠沙推送至出口處。下室聯於擠壓空氣機，故膠沙既至出口處，即被空氣之壓力，推出甚急。出口之外，聯於兩軟管，其長不等，長者可至二百英尺，軟管末瑞，安有噴射口。當膠沙在此噴出時，則有足量之水，與之相合。膠沙噴射於構造物之表面，甚為均勻，而成品之實度及強度，勝於以同一原料與成分而用手工混和者。凡修補穢水

溝之內部，敷成隧道之附壁，修補爐窰之附壁，以及於房屋橋梁之鋼料之表面造成防水層均可用膠沙噴射機，而得良好之結果。

第五節 水泥膠沙之強度性質

總論 水泥膠沙之強度，受種種事物變化之影響而異，其中最重要者，爲下述四項：（一）用水泥之比量；（二）細粒料之顆粒粗細及其分配情形；（三）用水之比量；（四）製成膠沙之密實程度。此四項影響，可以下列兩條定例括之。

（甲）用同一種水泥及同一種之細粒料，則膠沙之強度隨單位體積中含水泥量而增減。

（乙）如單位體積膠沙中含水泥量有定時，則實度最高之膠沙，所具強度最高。

膠沙之實度乃實在之密實物質（以水泥及沙之絕對體積爲準）與製成膠沙硬化後之體積之比率。決定所用材料之體積，可精密測定其重量，而假定水泥之比重爲三·一及沙之比重爲二·六五以計算之；如能將水泥及沙之比重，實行測定尤佳。

斐勒（Ferret）氏曾設下列公式，以表示水泥膠沙之擠壓強度與各種事物之關係。

$$P = K \left(\frac{O}{1 - S} \right)^2$$

式中K爲常數，O爲單位體積膠沙中水泥之絕對體積；S爲單位體積膠沙中細粒料之絕對體積；P爲膠沙之擠壓強度。依斐勒之試驗，在膠沙製成五月時，P之值以每方英寸若干磅計，K之值爲二六、〇〇〇。

足以影響水泥膠沙之強度者，除上舉數種事物外，尚有攙用之物質，原料之雜質，以及成品年齡等。以下先分述諸種事物影響情形，後論各種強度。

細粒料顆粒粗細及其分配情形之影響 細粒料顆粒粗細及其分配情形，與膠沙之實度有顯著關係，因之對於膠沙之強度，亦有重要影響。大概言之，如細粒料顆粒粗細及其分配情形恰能使成品得最大實度者，則成品之強度亦最高。此須令細粒料中空隙量百分率極小，且須有足量之粗粒。空隙量百分率之大小，視乎顆粒粗細分配情形而異，而非視顆粒實在爲粗或爲細。若以空隙量百分率相同之細粒料而言，則顆粒粗者所製膠沙，較細者所製者爲強。因顆粒粗者所有表面積總量較小，則所需附着在表面之水及水泥之量較少，而所需製成某一稠度時之水亦較少，故膠

沙之實度較高。

斐勒氏研究沙粒粗細對於水泥膠沙強度之影響，其試驗結果顯示數事如下：（1）膠沙之實度如為最大時，其強度常最大。（2）細沙之比例應小。（3）如沙之粗細整齊一律，則粗沙較中等之沙為佳，而中等之沙較細沙為佳。

細粒料顆粒品質對於膠沙強度之影響，如上所述。製造膠沙時，務須注意於此。如所有之沙，顆粒品質不適宜，則可將別種之沙和入，以求減低空隙量百分率。有時可將一種之沙用篩分為粗細不同之兩三級，而依新定之分量比例重行混和，亦可減少其空隙量百分率。

用水量之影響 製造水泥膠沙時，用水量如逾適當之度或不及適當之度，俱令成品之強度減低。故用水量須審慎決斷，不可隨意定之。

熟石灰之影響 製造水泥膠沙時，加入少許熟石灰，有使其不易透水且便於使用之功效。在一比三膠沙，所加入之量不逾一五%，可不至損其強度。

雜質之影響 製造膠沙所用之沙，除經洗滌者外，總含有多少雜質。其對於強度之影響絕不

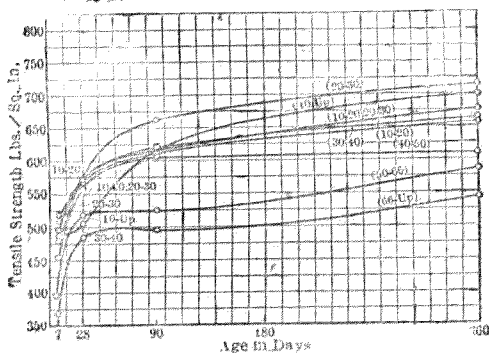
可以忽視。(一)沙中含有粘土，常有損膠沙之強度；但在有特別情形時，每故意加入分散之粘土，以求成品之密實不透水；爲量不過沙之五至一〇%，先與沙勻拌。大概含水泥少之膠沙，加入粘土，頗有良効，而無損於成品之強度；含水泥多之膠沙，空隙本已填滿，加入粘土，反使其品質降劣。(二)沙中含有雲母，縱使分量甚微，亦足以減低所製膠沙之強度，因其質地柔軟，水泥不能附着在其表面故也。(三)沙中含有垢質，則製成膠沙之強度降低；有機質尤甚，其量縱不過〇・一%，亦爲有害。

溫度之影響 低溫度增加膠沙所需凝結時間，而使膠沙強度之增加甚緩。在華氏溫度計四〇度時，製成後已歷時二月之膠沙，強度僅得在七〇度者所有強度之三分之二。水泥在華氏溫度計三二度時凝結者，需時四倍於在六五度時凝結者也。膠沙表面之顯露者，如係在終止凝結以前凍結，常行成片剝落。在冬季結冰之天氣中，使用水泥膠沙，如無防其凍結之特別設備，則不可行。高溫度減少膠沙所需凝結時間，而使其強度之增高加速。

溼度之影響 膠沙在乾燥天氣中製用者強度之增加略速。此際須令其顯露之表面保持潮

各樣品在製成後七日每方英寸之強度

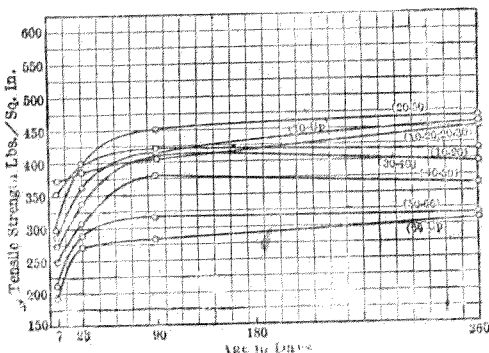
- | | | | |
|---|------------|---|------------|
| A | 800磅以下 | B | 900至1000磅 |
| C | 800至900磅 | D | 1000至1100磅 |
| E | 1100至1200磅 | F | 1200至1500磅 |
| G | 1500磅以上 | | |



率加增度強壓擠沙膠三比一 圖九第

各樣品在製成後七日每方英寸之強度

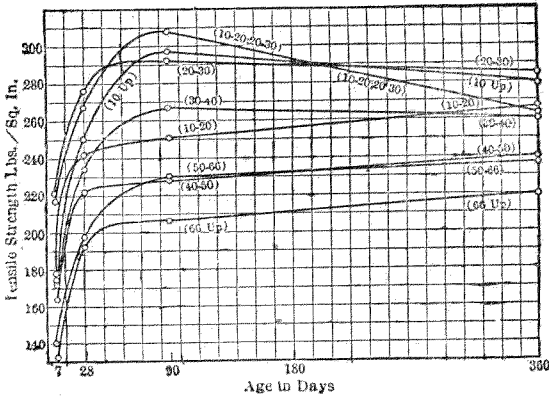
- | | | | |
|---|----------|---|----------|
| A | 在200磅以下 | B | 200至250磅 |
| C | 250至300磅 | D | 300至350磅 |



率加增度強引牽沙膠三比一 圖十第

溼，經歷數天，俾在硬固以前，不致從表面有水蒸發。膠沙在潮溼天氣中製用者，凝結需時較長，而強度之增加亦較緩。

圖中每一點表示三十次試驗之結果
 曲線表示二百七十次試驗之結果



度強壓濟之沙膠泥水三比一種七 圖一十第

成品年齡之影響 普通言之，水泥膠沙之強度，隨其製成年齡而增加，由第九圖至第十一圖所示，可以見其大概。

牽引強度 通常測定膠沙之強度，係取其牽引強度。此乃因其便於試驗，且假定其與擠壓強度有關係之故；實則在建築中，並不利用膠沙之牽引力，而在牽引強度與擠壓強度之間，亦無一定不變之比率也。在平常情形中，水泥膠沙之強度，當製成後數日之間，增加最速。增加之率，向後漸次減低。製成後七日之強度，約居最大強度三分之二；約在三月之後，乃得有此最大強度。大概言之，一比三水泥膠沙

之最低強度，應如下表所列。

第十二表 一比三水泥膠沙應有之牽引強度最小限

製成後時間及調理情形	牽引強度以每英寸若干磅計
製後置在溼空氣中一日在水中六日	1100
製後置在溼空氣中一日在水中二十七日	300

膠沙多有於製成後五月或六月時起強度減縮 (retrogression) 之現象者，但常祇一時如此，非永遠減弱也。

擠壓強度 決定膠沙之品質，實以測定其擠壓強度為最合理之法，但普通却不用之。良好膠沙之擠壓強度，隨製後之年月而逐漸增加，無減縮之現象。

膠沙之擠壓強度試驗結果，第十三表所示為其一例。至於膠沙應有擠壓強度之最小限，則如下表所列。

第十三表 一比三水泥膠沙應有擠壓強度之最小限

製後時間及調理情形	擠壓強度以每英寸若干磅計
製後置在溼空氣中一日在水中六日	一、二〇〇
製後置在溼空氣中一日在水中二七日	二、〇〇〇

普通言之，膠沙之牽引強度大者，其擠壓強度亦大，但其比率，則非一不變之數量。故不能據以換算耳。

剪斷強度 水泥膠沙之剪斷強度，頗關重要，不僅因其與擠壓強度有密切之關係，且以膠沙常起剪斷應力之故。惟剪斷試驗，作者頗少，蓋難使樣品起完全之剪斷應力也。

一八七九年時，包信革 (Bawolinger) 氏發表試驗水泥膠沙剪斷強度報告錄之如下。其強度係以每方英寸若干磅計。其牽引與擠壓強度，一併列入，以資參攷。惟其一比三膠沙之牽引強度及擠壓強度，若以今日通行標準論之，尚嫌過弱也。

第十四表 水泥膠沙強度表

水泥與沙之		牽	引	擠	壓	剪	斷
混和比量	七	日二八日二	年七	日二八日二	年七	日二八日二	年
淨水	泥二二四二九四二九二一九一〇二四九〇四六八〇二七一三四六四一五						
一比三膠沙	九五	一六九二七二	八八〇一〇四〇三三四〇一六	一八八三七五			
一比五膠沙	六四	一〇三二二三二	五三七	九七七二九六〇	七七一三一	三六四	

附着強度 水泥膠沙之附着強度，頗關重要。製成經過六月之水泥膠沙對於數種材料之附着強度，如下表所列。

第十五表 水泥膠沙之附着強度表

附着強度以每方英寸若干磅計

混和物	鐵	桿	石灰石鋸面	磚
1:0	315		270	50
1:1	290		220	40
1:2	265		170	30
1:3	110		75	15

膠沙之彈性係數 膠沙之擠壓彈性係數，乃一變化之量，因應力變形曲線 (stress strain curve) 不成一直線之故。於當極限強度 (ultimate strength) 之四分之一處，一比三膠沙之擠壓彈性係數，約為每方英寸三、〇〇〇、〇〇〇磅。

第五章 三和土

第一節 總論

三和土 膠沙與粗粒料之混和物，名曰三和土 (concrete)；易言之，即水泥、細粒料及粗粒料三者和水製成之物也。

三和土之成分，以水泥、細粒料、及粗粒料三者之比重表示之，如含水泥一分，細粒料三分，及粗粒料三分者，稱爲一比三比六三和土。比量常以體積計，但亦有以重量計者。

第二節 原料

水泥 製三和土之水泥，應用合於標準規範之水泥。前已詳論，今不贅述。

細粒料 製三和土之細粒料，常用沙，間用篩過碎石屑。其性質前已詳論，今不贅述。

粗粒料 製三和土之粗粒料，常用碎石或卵石。其性質前已詳論，今不贅述。

第三節 三和土之配料總論

配料之重要 製造三和土時，原料配合之比量，最關重要。就理論上言之，成品之價值，須求其小而強度須求其高。水泥爲三和土成分中之價值最貴者，故用水泥愈少，則三和土之價值愈廉也。

配料原理總論 三和土配料方法有種種，而其原理，可括爲兩大類：一類爲舊時配料學說，即

成品之實度最大則強度最高之學說。一爲近年配料學說，即不注重成品實度之學說。今分論如下：

注重實度之配料原理 依從前學者研究，三和土強度及實度之變化，可以下述二定律括之。

(一)用同一細粒料及同一粗粒料時，三和土單位體積中含水泥量最大者，強度最高。

(二)用同一含水泥比量及同一粒料時，三和土之粗細粒料配合能得最大實度者，強度最高。

此二條定律，與前述膠沙配料原理之二條定律相似。

第二條定律意謂三和土中之膠沙，應恰慎滿粗粒料中空隙，而膠沙中之水泥，應恰慎滿沙中空隙。如水泥未能填滿沙中空隙，或膠沙未能填滿粗粒料中空隙，則三和土必不能如空隙已經填滿者之密實堅固。如水泥於填滿沙中空隙之外，尚有餘量，或膠沙於填滿粗粒料空隙之外，尚有餘量，則成品之實度不能如恰將空隙填滿者之高。因水泥漿及膠沙，俱不如尋常三和土之密實故也。

是以由增加水泥量而增加之強度，可竟因實度之減低而抵消也。

依據上列學說，以求三和土之最大實度爲目的之配料方法，凡有數種，今取下列四種分節討論之。

(一) 依通行標準配料法。

(二) 依空隙量配料法。

(三) 依最小產率配料法。

(四) 依細度分析配料法。

但最近關於配料之學說，則不注重於求最大實度，且認此爲無關重要。屬於此類之新配料法，有數種，今取下列二種，分節討論之。

(一) 依含水率及細度係配數料法。

(二) 依表面積配料法。

第四節 依獨斷比量配料法

方法 最簡便最常用而最不合學理之方法，為依獨斷比量配料法。決定配料比量時，對於粗細粒料之性質，並不研究，但用主觀的態度，以選取一種比量；例如欲製強度較高之三和土時，則指定其比量為一比二比四，並不問粗細粒料之品質，究竟如何，是否可以依別種比量，而得製出價值較廉而強度較高之品也。

利弊 此法在饒有經驗之工程師用之，固可得優良結果，如主事者並無經驗，則必耗可貴之水泥，而仍不能得合宜之製品也。

第五節 依空隙量配料法

原理 此法之原理，係使水泥用量適足以慎滿膠沙中細粒料間之空隙，而膠沙用量適足以填滿三和土中粗粒料間之空隙。

方法 配料之時，先測定燒燥粗細粒料之空隙量，然後依此決定所用材料之比量。有人主張所用水泥之量，略較膠沙間空隙為多，而所有膠沙之量，略較粗粒料間空隙為多。

利弊 此法不盡可恃，因乾燥粗細粒料之空隙量，與製成膠沙及三和土之空隙量，不能相同，

又無一定之關係可求故也。是以依法所得結果，不能定較依獨斷配料比量法所得之結果為優勝；但如由有經驗之工程師行之，則亦可製出良好三和土耳。

第六節 依最小產率配料法

原理 此法之原理，係假定如水泥之用量，水之用量，及粗細粒料之總用量俱不變，而惟細粒料與粗粒料之比量互有增減時，則製成三和土之體積最小者，即產率最小者；為具有最大實度，亦即具有最大強度，故為品質最優良者。

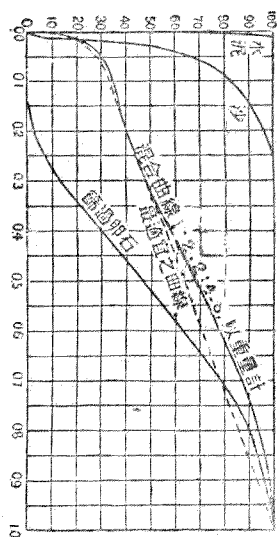
方法 依此法製三和土時，係用材料實地試製三和土，以定應用粗細粒料之比量。斟酌所需三和土之品質，決定所用水泥量與粗細粒料總量之比率，并所用之水量。試製三和土時，先取所用各種材料，稱準重量。和成三和土後，置入一長圓筒中，圓筒之剖面積，上下一律。三和土分次置入，仔細捶實。所製三和土既經全行置入筒中，乃測定其高度。測定既畢，乃將其傾出，洗淨圓筒。復取原料，製成新三和土，其所用水泥乃水之重量，與前相同，粗細粒料之總重量亦同，惟粗細粒料之比量，則與前異。製成三和土，依前法置入圓筒中捶實，測定其高度。如是試驗數次，即可知如何配合粗細粒

料，以使成品增加密實。迨所得三和土為高度最小者，即產率最小者，亦即實度最大者，便可以其粗細粒料之比量，用作實地配料之標準。但有當注意者，即用水之量，須能得當，使成品便於使用，而無過乾或過溼之弊。

第七節 依細度分析配料法

原理 依細度分析配料法，為美國佛勒 (W. B. Fuller) 及湯卜遜 (S. E. Thompson) 11

較某直徑為小之粒料之百分率



第二十圖

氏研究之結果。佛湯二氏攷得三和土粒料之配合，粗細有序者，其成品之實度，不透水性，及強度，俱為最大。理想上最適宜之配料，其粒料細度分析曲線，可視為一直線及一橢圓形線合成，如第十二圖。依此法配料之目的，即在使所得混和物之細度分析曲線，與此理

計寸英以徑直之粒顆料粒

總曲線近似。

方法 配料之時，先將粗細粒料，用篩分析，定其細度。次据此細度分析，假定水泥與粗細粒料配合之比率，作成試配細度分析曲線，以與理想線相比較。察其相異之點，以加減粗細粒料之用量。如是試配數次，當可得一相宜之配料比率。如所得試配曲線，不能與理想曲線相近似，則可將細粒料篩分爲兩級，將粗粒料篩分爲兩級或三級，而重行配合，當可得較合於理想之配料比量也。

優劣 佛湯二氏依此法配料，製成一比九三和土，而試驗之，知強度較普通配料法所得者增加一四%之譜。佛湯二氏曾依此法製出一比三比七三和土，其密實不透水之性質，初不亞於依尋常配料法所製之一比二比四三和土，故此法實有節省水泥之利益。大概在較大工程中，用此法配料，頗可得密實不透水之三和土；如因少用水泥而省之費，較所加篩分粒料之費爲多，則使用此法，固屬合算也。

第八節 依細度係數配料法

用水量 依細度係數配料法，爲亞布藍斯氏所發明。欲明其原理，當先知用水量對於三和土

強度之關係。製三和土時。所用水量應恰足供使水泥水化，與潤溼粒料表面之所需。水料完全水化所需水量，隨水泥之成分而異。如用水量不足，則水化不能充分；如其量過多，則成品實度必減小；故皆使成品之強度降低。但用水過量，則勝於用水不足；然多用之量，愈少為愈妙。三和土之含水量多者，較含水量少者需水之量為少，因在前種三和土中，粒料較少，故所需潤溼之面積較少，亦即所需以造成便於使用之稠度之水較少。亞布藍斯教授對於此項關係，有深切之研究，知強度最高之三和土，不必為實度最高者，但為在稠度得當時，其含水量與含水量之體積比率具有最小之值者也。三和土之極潤溼而浮滑者不可用；極乾燥而多費捶實之工者，亦不可用；以得中庸之度者為最佳。含水量恰使成品具有最大強度者，成品未免過於生硬，不便工作。以含水略有多餘者，成品之稠度，最為相宜。

為求得所需稠度及在用同種配料比量時求得全部三和土之整齊稠度起見，則可行坍瀉試驗 (slump test) 及流動試驗 (flow test)。(1) 坍瀉試驗為用金屬片作成截圓錐形之型，高十二英寸，上面徑四英寸，下面徑八英寸，置於不吸水之平面上，置入三和土，依標準方法分四層充

填。在三分鐘後，提起此型，則三和土表面向下降落，其距離即坍瀉度。三和土愈溼，則坍瀉愈大。(二) 流動試驗，以截圓錐體之型，製成三和土，於提起其型後，將承三和土之案，舉起半英寸，而放落之，在十秒鐘內，反復行之，計十五次。三和土底部直徑之增大，即流動度，用為計量稠度之標準。

細度係數 亞布藍斯教授創有細度係數 (fineness modulus)，以表示粒料之性質。乃用台勒爾標準篩 (Tyler standard sieves) 一組，計第一百號篩，第四十八號篩，第二十八號篩，第十四號篩，第八號篩，第四號篩，八分之三英寸篩，四分之三英寸篩，又一英寸半篩，共九件，分析粒料取其較各篩為粗之百分率之總數，以一〇〇除之，所得之數值。設有一種粒料，分析結果如下表所示，其細度係數，即可算出。

第十六表

篩別	篩孔直徑	留在篩上粒料之百分率	較各篩為粗之粒料之百分率	如其中二五%最粗者，較較碎時較各篩為粗之粒料之百分率

第一〇〇號	〇・〇〇五八	一〇〇	係數六・八六	係數	六・六一
第一〇〇號	〇・〇〇五八				一〇〇
第一四號	〇・〇四六				一〇〇
第二八號	〇・〇二三二				一〇〇
第四八號	〇・〇一一六				一〇〇
第八號	〇・〇九三	五			一〇〇
第四號	〇・一八五	二九	九五		九五
〇・三七五英寸	〇・三七五	四一	六六		六六
〇・七五英寸	〇・七五	二五	二五		〇
一・五英寸	一・五	〇	〇		〇

上表粒料之細度係數爲六・八六。此項細度爲粒料細度之表示，係數愈大，則粒料愈粗。設將

上表粒料中，留於○·七五英寸篩上之二五%粗粒，軋成細粒，令能穿過此篩，而留在較小一級之篩上，則此粒料之分析，乃如上表最右一列所示，係數將減至六·六一。粒料愈粗，則其所應潤溼之表面積愈小，而所需之水愈少。

亞布藍斯教授研究結果，知同一種強度之三和土，其中粒料之分析情形可以大不相同。能作為正當配料之根據者，厥為細度係數。若夫粒料內顆粒粗細及其分配情形與用水泥量，除對於造成便於工作之稠度之水量有影響外，其餘在配料法上，不復有何等重要關係。但此並非謂用水泥量不關重要，以粒料之中固不能不有水泥充填，而粒料之表面，固不能不有水泥被覆也。然不問量減至最小，而使成品得最大之強度。假定粒料之強度較水泥之強度為大，則在三和土受擠壓力時，求其強度之高，因可由多用粒料，而非由增加實度，此即亞布藍斯教授所實驗得之者。亞氏歷經研究，而知但須按照情形，定一用水泥量與用粒料總量之值，即可設法配合粒料，以求得最大強度也。

第九節 依粒料表面積配料法

原理 一九一八年愛德華滋 (L. N. Edwards) 氏發表依粒料表面積以定三和土配料比

量之學說，乃假定三和土之強度及別種性質大體隨用水泥量與粒料總表面積間之關係而變化。愛德華滋氏歷經試驗，得知用質地整齊之材料，可由細度不等之粒料，製出同具一種強度之成品，而其強度之高低，隨（一）用水泥量與粒料總表面積間之關係，及（二）製品之稠度，兩者而異。又攷得如由細度不等之材料，製出同具正則稠度之成品，則成品強度之高低，及隨用水泥量與粒料總表面積間之關係而異也。

粒料表面積之計算 計算粒料表面積之程序如次：（一）用篩分析粒料，為若干細度等級。（二）測定每種細度等級之粒料，在某定重量中之粒數。（三）測定其顆粒之比重。（四）算出各項細度之粒料，每一顆粒之平均體積。（五）由算出顆粒體積，並分別粒料之形式，算出各項粒料之表面積。計算時，假定沙粒及卵石粒，全為球體；碎石塊粒中三分之一為立方體，餘為平行立方體。（六）算出是項粒料在某定體積中之表面積數值。

實驗室之預備研究 依此法配料，須先有實驗室中之預備。取所用材料分析試驗，製成種種圖表，以示（一）粒料之細度對於表面積之關係；（二）具有正則稠度之三和土之擠壓強度對

於用水泥量之關係；(三)擠壓強度對於用水量與用水泥量比率之關係。

工場配料之程序 在工場實行配料時之程序，如下所述。(一)取所用粒料，用篩分析，定其顆粒細度等級分配之情形。(二)依實驗室研究所得最適宜之粗粒料與細粒料配合比量，以配合之。(三)依三和土之用途，定所需強度，大概須將強度增加每方英寸三百磅，以補實地製造三和土強度之不足。(四)依強度以從上述圖表，查出對於粒料總表面積一百平方英尺，應用之水泥量。(五)算出對於每一定量之粗細粒料，應用之水泥量。(六)根據用水泥量，並斟酌此種三和土所可採用之用水量與用水泥量比率之最小數，而由所製圖表，查出對於某一重量之粒料，應用水之量。所製三和土之稠度在實用時如覺過小，可將用水量與用水泥量，依同一比率增加，直至三和土之流動性合度為止。如覺稠度過大，可將用水量與用水泥量，依同一比率減小。如是則能保持合宜之用水量與用水泥量比率，而不致有損成品之強度。此點最當注意。為查核成品之強度是否如所預期起見，可作成樣品，而試驗之。

利弊 此法須先作試驗，用篩分析粒料，研究其細度，且不無計算之煩，然在實地工作時，使用

所有粒料，不須依其細度分爲等級，而重行混合。故無多耗費，而仍能得配合良好之三和土，是其優點也。

計算配料需用材料之公式 三和土配料比量既經決定後，對於單位體積三和土需用各種材料之分量，可依下列公式計算之：

所需水泥之量爲 $(1.55 \times C) \div (C + S + R)$ 單位體積

所需細粒料之量爲 $(1.55 \times S) \div (C + S + R)$ 單位體積

所需粗粒料之量爲 $(1.55 \times R) \div (C + S + R)$ 單位體積

式中 C, S, R 爲三和土中水泥、細粒料、及粗粒料之配料比量，俱以體積計。

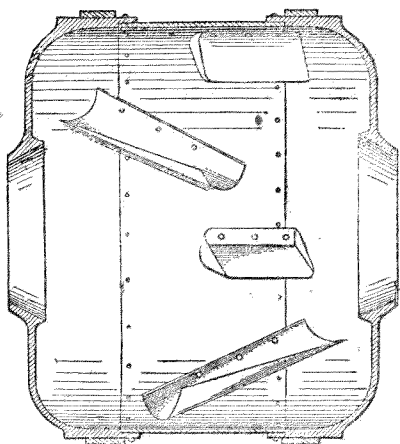
第十節 三和土之混和、移運、放置、調養、表面整理

材料之量定 既將配料需用材料之比率及分量算出後，當分別量定，以備混和。量水泥常依重量；每袋重九四磅，體積作爲一立方英尺；每桶重三七六磅，體積作爲四立方英尺。粒料之量定，係用體積爲已知者之量器。用水之量，在手工混和時，乃以體積爲已知者之量器定之；在用混和機時，

乃於混和機所附水箱，安設量水器，以測定之。

混和法之分類 三和土之混和，有手工混和法及機械混和法之別，分述如次。

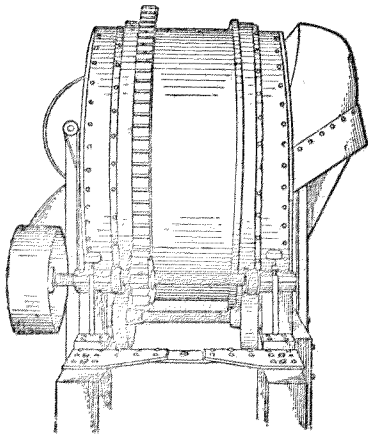
手工混和法 用手工混和三和土時，係在平台上行之。台寬約十英尺，長約十五英尺。混和法細別有二。其第一步俱將沙及潤溼之石塊，在木板上分別攤成長堆，平行而相離三英尺；沙上鋪水



圖三十第 間歇式三和土混和機之混和筒

泥，用鏟翻起混和，反復行之，至少三次。此後之程序，兩法有異。其一法係先將乾膠沙用鏟鏟起，送至溼石塊粒上，混和兩三次；次於長堆上作成淺穴，加入適量之水；復次，鏟起四邊，翻向中央，俟水全被吸收，再翻轉三次，使混和透徹。別一法為先加足量之水於乾膠沙中，翻轉兩次；後用鏟鏟起，攤於溼石塊粒上，而混和之，翻轉三次。

機械混和法 三和土混和機有兩種，其用



圖四十四 間歇式鼓形三和土和混和機之全形

法不同，分述如次。

(一) 間歇混和機 間歇混和機 (batch mixer)

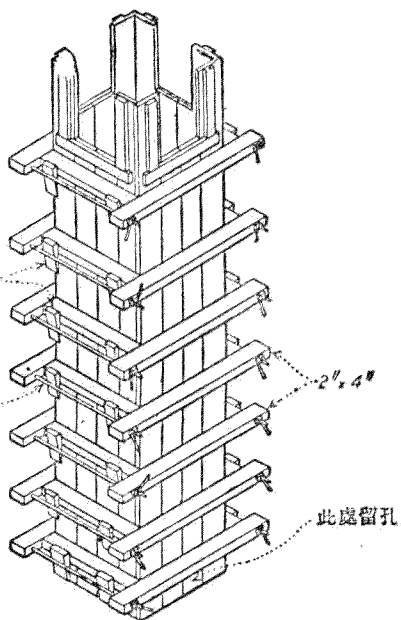
轉動。每次混和，隨機筒容量，而定所用各種乾材料之量，分別量定，加入機中，於是轉動機筒，歷時至少十秒至十五秒鐘，急將所需分量之水加入，繼續混和，歷時一分半鐘至二分鐘，乃傾入機外，以備放置。機筒有為立方體形者，有為鼓形者。鼓形者之內面，如第十三十四圖所示，斜置推板，當筒轉動時，材料被板推至上方，而後落下，故得混和透徹。立方體形之筒無推板。混和時間長短，隨機之大小而異，對於三和土之強度，頗有影響。

(二) 連續混和機 連續混和機 (continuous mixer)

常為一種之槽中設螺旋轉葉。材料繼續加入機中，水亦逐漸流進，與之相和。成品由機之一端放出。此式機所出三和土，常不及間歇式機

之佳。在重要工作中，每禁用之。

由機械混和之三和土，較手工混和者為優良，且工作時間短少，故除在小工作外，例用機械法

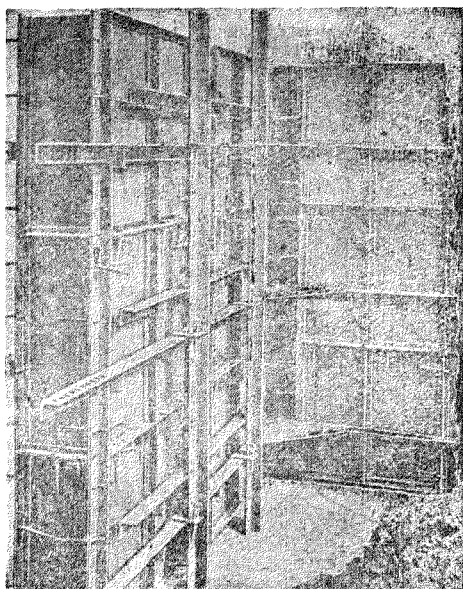


型板木之屋房土和三造 圖五十第

也。

三和土之板型 三和土構造物之造成，有分造式及整造式之別。分造式，係將構造物一切部分，分別用型澆製，然後組合而成。採用此式時，常用鐵型，因製品式樣易得整齊，表面易得潔淨也。

整造式之三和土 構造物，先用型板按構造物形式，配合支撐，後將三和土放置其中，俟其硬



第三和土之鐵板型 圖六十第

移運之工作，效率高，速度大，而費用省。

在小工事中，常用獨輪手車或雙輪小車移運三和土。在大工事中，有將三和土提至高處，置入斜槽中瀉下分布者，有用大車移運之者，有用引帶輸送機移運之者，有盛入屏中由索引道移運之

化後，拆去型板。型板常用木板，如十五圖所示，間有用鐵製者，如十六圖所示，建築樓房時，每次依一層樓之各部分結構，安放型板，用三和土澆成之。

三和土之移運 移運三和土時，必須使其在始凝以前，已自混和處移至使用處，使在中途無損失，且不解，使其繼續運到無間斷；又使

者，爲法不一。

三和土之放置 放置三和土時，當注意下列各事：

(一) 放置三和土應成近於水平之層，不可成斜層，以致膠沙與粗粒料分離。

(二) 含水稍少之三和土，每層之厚應在八英寸之下；含水稍多者，可厚至十二英寸以上。

(三) 含水稍少之三和土，放置之時，落下之距離，祇可有數英尺，多則使膠沙與粗粒料分離。

(四) 下層三和土未凝硬時，即將上層鋪入。

(五) 前後兩日澆成之三和土間，不能不有接縫，即爲構造物中最不能耐力之處，計畫三和土

之放置工作時，應設法將此層安排在構造物受力最小之處。

(六) 在構造物之不可有接縫者，應將三和土連續放置，一氣呵成。在冰天放置三和土時，另有

種種特別注意之點，今姑從略。

三和土之捶實及搗實 三和土放置入型板後，當加捶實或搗實。含水較少之三和土，可用錘

捶實。含水較多之三和土，可用長鐵條一支，插入其內，上下搗之，令三和土填滿板型內各處，驅去夾

離之空氣，則三和土自能密實。欲求牆壁表面之光滑而無氣孔，可用長條在近型板內面處上下搗之，令粗粒料離型板稍遠，祇留膠沙與型板相接，且逐出一切附着型板之氣泡，或敲擊型板之外，亦能使其內面之氣泡上升散出也。

新舊三和土之聯合 如三和土構造物，非一氣澆成，在新舊三和土之接縫處，應聯合緊密。在體積巨大之建築物，如接縫為水平者，但將舊三和土面洗淨潤溼，即可加置新三和土。

在牆壁，或在須使接縫不透水之處，應將舊三和土面斫成粗糙，掃除塵垢及泥渣，用水洗淨，或用稀鹽酸洗淨，塗以淨水泥漿或含水泥豐富之膠沙，然後加置新三和土。

三和土之調養 三和土凝結後，應行調理，以使其水泥之水化作用，繼續進行，無有阻礙。法為每日灑水兩三次，或用溼布覆之，每日澆水二次。令布潤溼，或用木屑沙泥，覆於其上，每日澆水一次，以潤溼之。在天氣溫暖時，三和土澆成後，應使其保存潤溼狀態，至少歷二星期。

三和土表面整理 三和土澆成，拆去板型後，表面常留有痕迹，或須加以整理。其法如下：

(一)用鎚鑿等工具琢削。

(二)用炭精石，鋼玉沙，三和土塊，軟石塊等磨礱。

(三)趁三和土未堅硬時，將表面顯露處之型板除去，用鋼絲刷刷之。

(四)於三和土表面堅硬後，用噴沙機洗刷之。

(五)在三和土中，先加入顏色鮮明之粗粒料，其後施以適當整理，所得表面，頗為美觀。

第十一節 三和土之強度及彈性性質

總論 三和土之強度，受種種事物之影響而變化。今先述各種影響，然後論各種強度。各種事物對於三和土強度之影響

(一)水泥比量 琴巴爾 (G. A. Kimball) 氏曾試驗三和土中水泥比量對於擠壓強度之影響。用各種水泥比量，製造三和土試驗樣品，依同一方法混和及保藏，後行擠壓試驗，所得結果如下表所示：

第十七表 三和土中水泥比量對於擠壓強度之影響

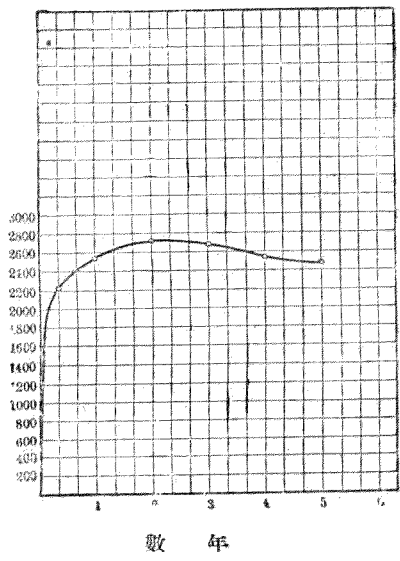
混和比量	平均擠壓強度以每方英寸若干磅計			
	七 日	一 月	三 月	六 月
一比二比四	一、五六五	二、三九九	二、八九六	三、八二六
一比三比六	一、三一—	二、一六四	二、五二二	三、〇八九

(二)混和用水比量之影響 三和土用水比量對於其強度大有影響。用水略少，稍覺乾燥之三和土，須經重捶，方能密實，其強度在初期增加頗速。用水稍多，稍覺潤溼之三和土，強度之增加頗緩，但終可與前者同堅。若用水過多，則三和土強度不能充分提高矣。

(三)粒料粗細之影響 佛勒(Fuller)氏及湯卜遜(Thompson)氏曾用各種材料製成水泥一分配用粒料九分之三和土，行擠壓試驗，所得結果如第十八表所示。

第十八表 一比九三和土粒料最大顆粒大小對於擠壓強度之影響

擠壓強度以每方英寸之數磅計



體方立寸英八土和三四比二比一為品樣
值均平之果結驗試次五為線曲
化變之度強壓擠土和三間年五 圖七十第

粒料品質之影響

粒料中如含有雜質，如塵垢，有機質，糖，油脂，雲母等，為量雖微，足令製成三和土之強度，大為降低。粘土及壩母，少量無害，過一〇%，亦令成品強度降低。粗粒料之強度，對於三和土之強度，可有影響。大概花剛石最佳，石灰石次之，卵石又次之，軟弱易碎之石，製成三和土，強度不能高也。

成品年齡之影響 密爾

三和土製成後一百四十日時之平均擠壓強度以每方英寸之磅數計	粗粒料最大顆粒之大小	二又四分之二	一英寸半	一英寸
		一、三九一	一、一五三	一、〇〇八

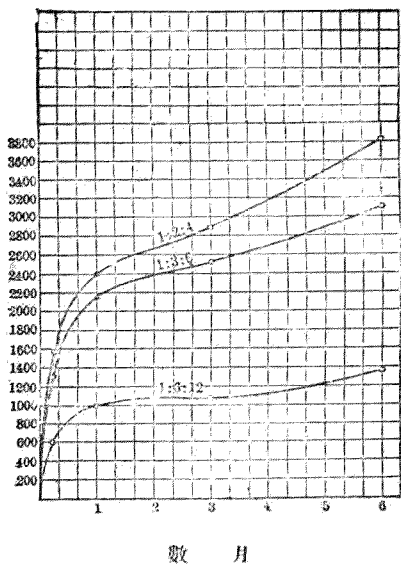
斯 (Mills) 教授用各種牌號水泥，製一比二比四三和土，作成八英寸方塊，在五年間行擠壓試驗，所得結果如第十七圖所示。

擠壓強度 三和土擠壓強度之大小，視每單位體積中用水泥量而異，此外則受上述種種事

物之影響。

一比二比四三和土，如工料俱合宜，在製成一兩月後，其擠壓強度應有每方英寸二千磅之譜。一比三比六三和土，應有一千六百磅。

三和土擠壓強度，隨年齡而增加，在二月時約得極限強度之八〇至九〇%。



圖八十第 三和土與三號牌水泥之擠壓強度變化
 樣品為三和土二十英寸方體
 線為五號牌三和土試驗結果之平均值
 第圖八十八圖

美國瓦得敦兵工廠 (Watertown Arsenal) 用合乎標準之水泥，潔淨而尖銳之粗沙，及碎石 (最大者直徑為二英寸半，碎石中空隙量為四九·五〇) 製三和土，作成十二英寸之方體。製品由型中取出後，藏在溼土中，分期掘出，行擠壓試驗，其結果如第十九表及第十八圖所示。

第十九表 十二英寸立方體三和土之擠壓強度

三和土混和比量	擠壓強度以每方英寸之磅數計			
	製成後七日	製成後一月	製成後三月	製成後六月
一比二比四	一、五六五	二、三九九	二、八九六	三、八二六
一比三比六	一、三一一	二、一六四	二、五五二	三、〇八八

牽引強度 三和土牽引強度甚低，在建築上，不用之以抵抗牽引力，故此種強度，遠不如擠壓強度之重要。通常試驗三和土之牽引強度，係據以約略推測其擠壓強度。維牽引強度與擠壓強度之比例，非一常數，可自一比八至一比十二，大小不等。作牽引試驗時，難得滿意結果，因工料及別項

事物對於牽引強度之影響，較對於擠壓強度為大，而試驗時器械方法之差異，亦足令強度增減也。大概工料良好之三和土，在製成後六十日之牽引強度，在一比二比四者，為每方英寸自一七五磅至二七五磅，在一比三比六者，為每方英寸自一二五磅至二〇〇磅。

剪割強度 三和土之剪割強度甚關重要，以短柱之擠壓強度，實繫於此，而三和土梁之強度，有時亦視此種性質而異故也。因在受擠壓力之三和土構造物部分中，剪割角必略較四十五度為大。故直接剪割強度當較擠壓強度之一半為略小。美國伊里諾斯大學曾作試驗，證明此理。今將此試驗之結果，列表如下：

第二十表 三和土之剪割強度

三和土混和比量		剪割強度以每英寸之磅數計	擠壓強度以每英寸之磅數計	剪割強度與擠壓強度之比
一比二比四	一、二二五	三、二一〇	〇・三八	
一比三比六	八五六	一、六〇五	〇・五三	

橫撓強度 三和土橫撓強度之大小，隨牽引強度而異。算出之撓斷係數，約為牽引強度之二倍。觀下表，可得各種混和比量三和土在製成後一月時橫撓強度之大概。

第二十一表 三和土製成後一月時之橫撓強度

三和土混和比量	在牽引方面之橫撓強度以每方英寸之磅數計
一比一·五比三	四七五
一比二比四	四二五
一比二比五	三五〇
一比三比五	二七五
一比三比六	二二五
一比四比八	一二五

三和土與鋼之附着強度 三和土對於鋼之附着強度，在作鋼骨三和土計畫時，甚關重要。此

種強度大都隨三和土中含水泥量之多寡及鋼面之情形而異。一九〇六年美國伊里諾斯大學試驗三和土與鋼條面附着強度，所得結果如下表。

第二十二表 三和土對於鋼條之附着強度

三和土混和比量		鋼		條		附着強度 (每方英寸之磅數)
種	類	尺	度	鋼條藏在三和土中深度(英寸)		
一比二比四	光面圓條 二種	徑半英寸 徑八分之五英寸		六	四三八	
一比二比四	光面圓條 二種	徑半英寸 徑八分之五英寸		一二	四〇九	
一比三比五·五	光面圓條 二種	徑半英寸 徑八分之五英寸		六	三六四	
一比三比五·五	光面圓條 二種	徑半英寸 徑八分之五英寸		一二	三八八	
一比三比五·五	冷軋鋼軸桿 二種	徑一英寸 徑半英寸		六	一四六	
一比三比五·五	半硬鋼平條 一種	厚十六分之三英寸 寬一英寸半		六	一二五	

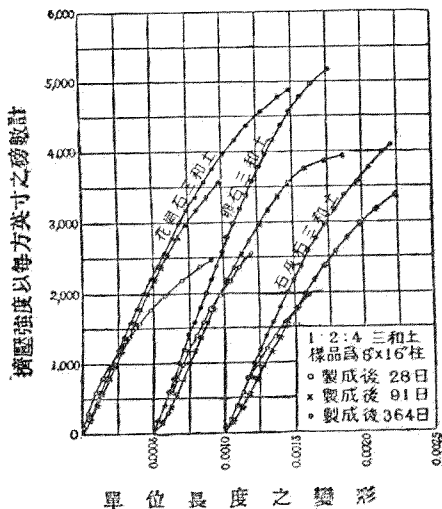
一比二比四三和土對於光面圓鋼條附着強度，大約為每方英寸四百磅。如須提高附着強度，

可改用表面有凸凹之鋼條。

三和土之彈性性質 三和土之彈性性質，頗關重要，不僅因三和土構造物受力時之情形受其影響，且因在計畫鋼骨三和土構造物時，須知鋼及三和土起同樣變形之際，其相當之應力為如何也。

應力變形曲線 第十九圖所示，為三和土短柱受擠壓力時之應力變形圖。

三和土之彈性係數 三和土之應力



圖形變力應之時壓擠受柱短土和三 圖九十第

變形曲線，全爲曲線，故三和土之彈性係數，即在極小之應力變化範圍中，亦爲變數。欲言此彈性係數，可有兩法。其一法爲由在原點處對於曲線作切線，以其傾斜度計算彈性係數。別一法爲於應力變形曲線上，取應力爲某定量之點（通常取應力爲每方英寸三百磅或五百磅，或等於極限強度三分之一之點），與原點以直線相連，以其傾斜度計算彈性係數。第二法所得數值常遠較第一法爲小。

依第二法計算三和土之彈性係數，在一比二比四之三和土，製成後歷時一月者，對於每方英寸五百磅，爲每方英寸二、〇〇〇、〇〇〇磅至二、五〇〇、〇〇〇磅；在一比三比六之三和土，爲每方英寸一、五〇〇、〇〇〇磅至二、〇〇〇、〇〇〇磅。如依第一法計算彈性係數，其值當較上述者大二〇至五〇%。

大概論之，三和土之彈性係數，隨三和土含水泥量之增加及成品年齡之延長而加大，但粒料之品質亦與之大有關係。

三和土之彈限 三和土之應力變形曲線，全部之中，並無成爲直線之段，而三和土縱受力不

大亦起永遠變形，是以三和土可謂爲無真正之彈限。惟三和土之應力，似有一限制點，在其以下，應力雖屢次生滅，不至令變形之量有顯著增加。此限制點，在實際上，可認爲三和土之彈限，或其伏點。由試驗得知，此點常在極限強度之四〇至六〇%之間。

三和土之實用應力及安全率 美國土木工程師會 (American Society of Civil Engineers)

之三和土及鋼骨三和土委員會，謂此項材料之實用應力及安全率，宜取下述之數。

無骨三和土短柱（長度不逾直徑之十二倍者）之實用擠壓應力，可爲二十八日極限強度之二二·五%，即對於每方英寸二、〇〇〇磅之三和土，爲每方英寸四五〇磅。安全率爲四·五。

在鋼骨三和土梁，受擠壓部分之表面纖維應力，假定三和土在實用應力下之彈性係數爲常數，而計算之，可以大至二十八日極限強度之三二·五%，即對於每方英寸二、〇〇〇磅之三和土，爲每方英寸六五〇磅。安全率爲三·一。

在僅發生完全剪割應力而不混有與剪割面正交之擠壓應力及與剪割面正交之牽引應力之處，三和土之實用剪割應力，可爲二十八日極限擠壓強度之六%，即對於每方英寸二、〇〇〇

磅之三和土，爲每方英寸一二〇磅。安全率在六與七之間。在剪割應力與相等擠壓應力混合之處，例如在柱中與軸線成四十五度相交之剖面上，應力可等於實用擠壓應力之二分之一。如擠壓應力與剪割應力之比在〇至一之間時，實用剪割應力可依比例計算之。安全率爲四・五。

三和土與光面鋼條間之實用附着強度，可作爲二十八日極限擠壓強度之四%，即對於每方英寸二、〇〇〇磅之三和土，爲每方英寸八〇磅。在抽成之鋼絲，可作爲二%，即對於每方英寸二、〇〇〇磅之三和土，爲每方英寸四〇磅。安全率約爲四・五及二・二五。

三和土之彈性係數，可假定爲鋼之十五分之一，即在製成後一月良好一比二比四之三和土，爲每方英寸二、〇〇〇、〇〇〇磅。此數雖不準確，然依此計算，所得結果，不致發生危險。

第十二節 三和土之耐用性

三和土之耐用性 三和土之耐用性，可就其對於各種事物之抵抗性分別論之。

磨蝕 三和土之抵抗磨蝕性，大都視其膠沙之抵抗磨蝕性而異。然如三和土之表面磨蝕甚劇，致露出其粗粒料時，則粗粒料之抵抗磨蝕性，對於三和土之抵抗磨蝕性，自亦有幾分影響。膠沙

之抵抗磨蝕性，乃隨水泥膠合沙粒之能力及沙粒本身抵抗磨蝕性而異。

火 三和土之抗火性，較尋常磚、石、燒泥爲佳。三和土被燒熱至華氏一、二〇〇度，經三小時或四小時後，突然受冷水激射，可僅在表面微見裂坼。於鋼料外，護以二英寸厚之三和土，過尋常火災時，可令鋼料不起彎曲扭振。惟在三和土有受火機會之處，其中粗粒料，自不可用遇火即燒毀者。

海水 海水對於工料俱佳之三和土，實際上無甚影響。工料稍差之三和土，受海水之侵，常在水線處發生膨脹、裂坼、融軟等現象。海水滲入鋼骨三和土中，亦足令鋼條生銹，而與三和土分離。

污水 用三和土作污水管時，如污水放出硫化氫氣，可使水泥中氯化鈣質分解，而起破壞。

酸類 酸化透徹之三和土，僅遇強烈酸類足以傷害別種材料者，始受其侵蝕。

鹼類 含鹼質之水，侵蝕三和土，與海水之作用相似。

油脂 工料俱優之三和土，不受尋常機械油及石油之作用。

第十三節 三和土之雜項性質

三和土之重量 三和土之重量，可隨所用粒料種類，及混和比量，并實度而變化。用沙及碎石

作成之三和土，每立方英尺重自一三五磅至一六〇磅。在設計時，可以三和土之重量，爲每立方英尺一四五磅至一五〇磅。

三和土之脹縮 三和土在空氣中硬化時，略有收縮；在水中硬化時，體積可保持不變，或有極微小之膨脹。三和土之膨脹率，約爲對於華氏溫度一度，差 0.00006 ，與鋼之膨脹率殆屬相同。鋼骨三和土中兩種材料不因冷熱變化而分離，卽以此故。

三和土之透水性 三和土中用水泥量愈大，實度愈大，用沙愈細，則透水性愈低。混和時用水過多或過少，令透水性增高。三和土混和透徹，放置時充分捶實，放置後經過適宜調養者，透水性低。三和土製成後歷時愈長，則透水性愈低。

三和土之吸水性 三和土吸水性，隨其用水泥量，用水量，粒料種類，混和放置情形等而異。大概能減小三和土透水性之事物，亦有減小其吸水性之作用。

第六章 建築用粘土製品

第一節 分類

分類 建築用粘土製品，乃重要之工程材料，所包括之種類頗廣，今分類如下表。

第二十三表 建築用粘土製品分類表

- (一) 房屋磚 (building brick)
 - (甲) 普通房屋磚 (common building brick)
 - (乙) 牆面磚 (face brick)、壓製磚 (pressed brick)、再壓磚 (repressed brick)
 - (丙) 瓷釉磚 (enameled brick)、玻璃釉磚 (glazed brick)
 - (丁) 裝飾磚 (ornamental brick)
- (二) 鋪地磚 (paving brick)
- (三) 耐火磚 (fire brick)

(甲)酸性磚 (acid brick)

(乙)鹼性磚 (basic brick)

(丙)中性磚 (neutral brick)

(四)房屋用瓦製材料 (building tile)

(甲)蓋屋瓦 (roofing tile)

(乙)空心瓦塊 (hollow building block) 隔壁瓦塊 (partition tile) 及耐火磚 (fire

proofing)

(丙)鋪地瓦片 (floor tile)

(丁)貼牆瓦片 (wall tile)

(五)燒泥 (terra cotta)

(甲)裝飾用燒泥 (architectural terra cotta)

(乙)軟燒泥塊 (terra cotta lumber)

(六) 粘土製管 (Clay pipe)

(甲) 洩水瓦管 (drain tile)

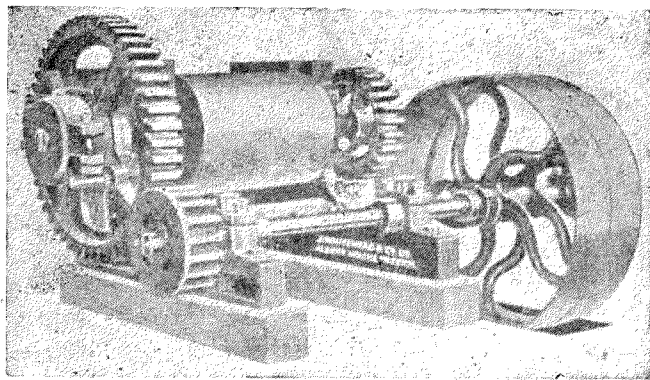
(乙) 污水瓦管 (sewer pipe)

(丙) 導管 (conduit)

第一節 製造

總論 建築用粘土製品製造方法有種種，程序之大體相似，而細節則隨所製成品種類而異。大概言之，為採取原料，加以初步處理，并將其攪拌均勻；次依成品形式，製成土坯；復次，使土坯乾燥；復次，入窯烘燒；終則取燒成之品，依其品質揀選分類，以備出售。

原料 製造粘土製品之原料，通常為沈積粘土 (sedimentary clay)，間有用頁岩磨粉者。沈積粘土為岩石腐敗崩解後，經河水運送，復行沈澱積聚之物質。其潤溼時具粘性；當置入型中乾燥後，能保持所賦予之形式；及入火燒紅，則能堅強如石。此皆其特性，亦即其所以能製成磚瓦之原因。粘土中之主要成分，為二氧化矽，含量常自四〇至八〇%，而在製耐火磚之粘土，其含量可至九八

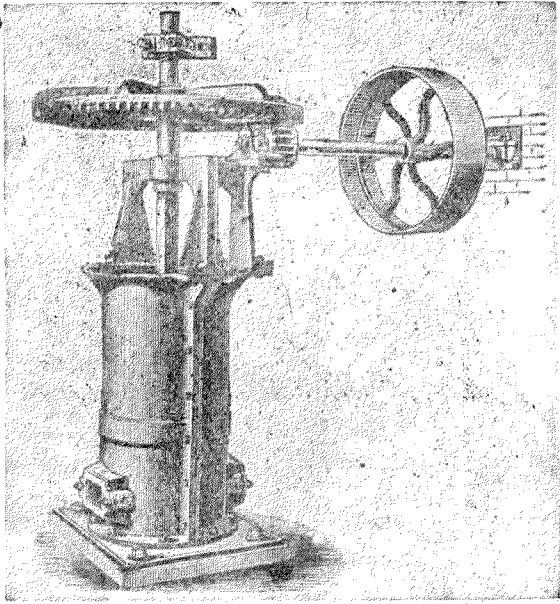


第十二圖 碾輪碾粘土機

%。其次之成分為氯化鋁，含量在一〇至四〇%之間。此外之成分為鐵，鈣，鎂，鉀，鈉等之氯化物及水分。

粘土及頁岩，可用手工挖掘，或用汽機鏟開採。然後運至製造廠備用。

採得原料，如質地純淨，可入第二十圖所示之機械碾軋，使其分碎。如不純淨，須先用水淘洗而後碾軋。分碎之原料，常略加水混和，靜置隔若干時，令其調性。其後送入第二十一圖所示之攪拌機中，攪拌成爲潤溼而有粘性之泥。由機筒末端之穴送出。攪拌機有爲獨立設備者，亦有附屬於製坯機械之上，爲其一部者。在乾泥法製磚，亦用攪拌機以攪拌之，但不加水，故所得者，乃乾燥粉末，有似麵粉者也。



機拌攪式立直 圖一十二第

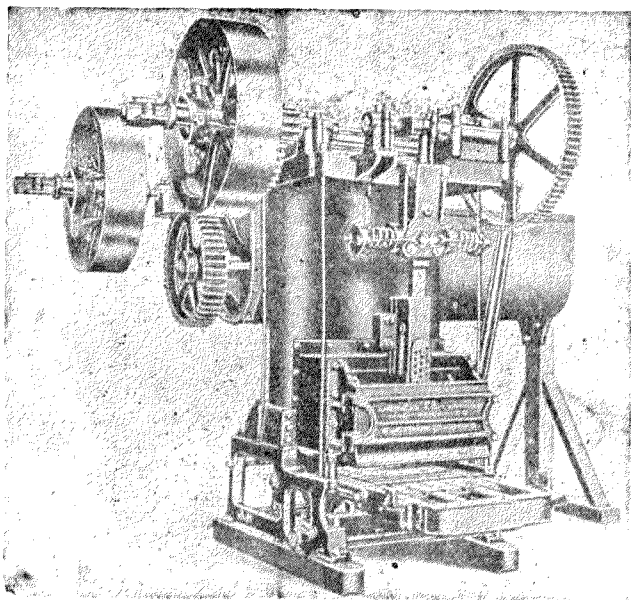
製坯 粘土製品製造泥坯之

法，隨製品種類及所用粘土乾溼軟硬之程度而別為三種，述之如次：

(甲)軟泥法 此法施於製磚。

所用粘土，係用水攪拌至充分融軟，以便填入木型之中，製成磚坯，故名。造坯或用手工，或用機械。

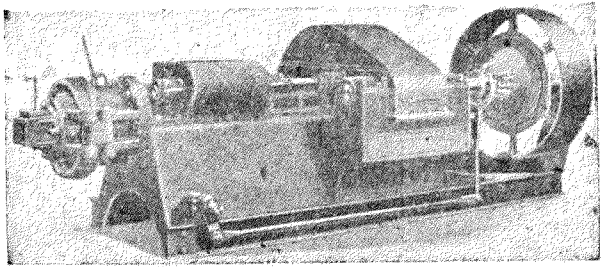
(一)手工法 分二式。一溼水型法 (slap-moulding process)，乃於填土入型之先，將型投入水中，以免粘土附着型之內面。工人取粘土用手揉捏，作成與磚坯相仿之式，填入



第二十二圖 軟泥製法磚坯機附攪拌機

型內，十分捶實，用板刮平型面。泥坯留在型內，須乾燥後方取出。二灑沙型法 (sand-moulding process)，其工作大部分與前法同，所異者為不將型浸入水中，但灑沙於上，以防粘土膠着。此法工作較前法為速，而成品較清潔整齊。

(二) 機械法 除工作多用機械外，程序與手工法實無多異。所用原料粘土之攪拌，亦在製坯機中之。所得軟泥，送至下方，填入型內，由活塞壓成磚坯，連型移至一邊，另有空型，送未填泥壓坯如前。此種造磚機，如第二十二圖



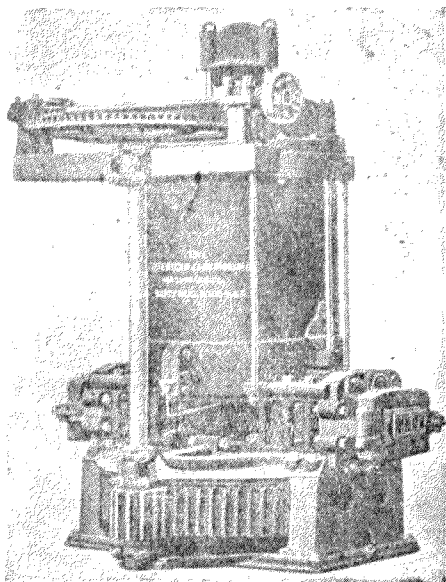
機坯磚製式鑽螺 圖三十二第

所示每日能造磚坯自八千塊至一萬二千塊不等。

(乙)硬泥法 (stiff mud process) 此法用水不多，剛足使粘土潤溼；當其在型中受尋常壓力壓實後，即能保存其形式不變。用水既少，所以乾燥之時間可短，而烘燒所需之燃料亦省，此其利也。

製坯機有螺鑽式 (auger type) 及活塞式 (plunger type) 兩種。螺鑽式機，如二十三圖所示，置螺鑽於圓筒內，而迴轉之，藉以壓粘土通過一型孔 (die) 而出。活塞式機，如第二十四圖所示，則以一簡單活塞，代替螺鑽。型孔隨成品之型而異，在製磚時，為一長方孔。泥料長條出孔後，送至一長檯上，在此切成磚坯，由運送帶送去之。

(丙)乾泥法 用此法製牆面磚時，所用泥粉，含水量應不愈



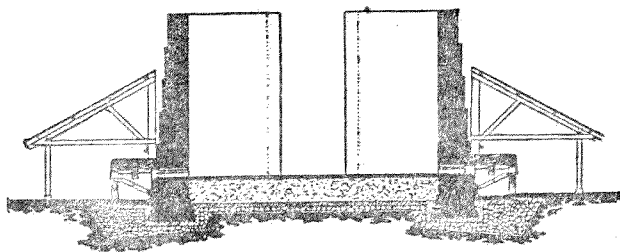
圖四十二第 活塞式製磚機

或逕送入窯中。

泥坯之乾燥 泥坯之乾燥法有二，分述如下：

(甲)自然乾燥法 最簡單之法，為將泥坯積疊成堆，令四周通風，并能受日光，上用薄板搭蓋，

七%泥粉送入製坯機之裝料斗 (Lopper) 內。斗之下，有往復裝料器，以粘土裝入型孔。型為硬鋼造，用蒸汽加熱，以防泥粉粘着。泥粉裝入型孔後，型孔上下之兩活塞，遂在型中對向進行，以極大壓力，壓實其間泥粉。其後上方活塞拔出，下方活塞再上行，將磚坯推起，與型孔之面相平。終則活塞再動作，推磚型至型臺面上，由此移至乾燥室，



第 二 十 五 圖 升 火 窯

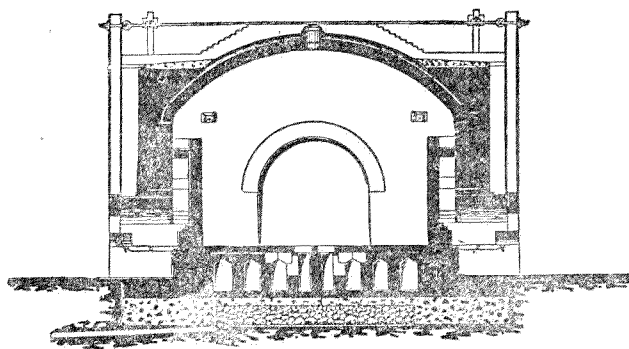
以防雨淋，較優之法，為起造陰棚，以為蔽覆。軟泥手工製成之坯，其型曾浸水者，乾燥需時最長，自三至六星期不等。其餘方法製成者，需時一星期已足。

(乙)人工乾燥法 人工乾燥法，須有乾燥室，或乾燥隧道之設備。送泥坯入其中，加熱以行乾燥。所需乾燥時間，自1日至3日，隨溫度高低，粘土性質，泥坯形式等而異。

磚窯 烘燒粘土製品之窯，分為兩大類，述之如次：

(甲)間歇窯 間歇窯 (intermittent kiln) 又分為二類：

(一)升火窯 普通房屋磚，多在升火窯中燒成。舊式升火窯常不過將磚坯疊置，成為大堆。其旁用溼泥塗敷，頂部用泥密蓋。堆中留有橫行之路，即在其中堆積燃料生火。此式窯中之溫度分配不均勻，故成品因被燒不足或過度而廢棄無用者甚多。



第 二 十 六 圖 降 火 窯

新式升火窯之壁，如第二十五圖所示乃十二或十六英寸厚之磚牆。生火不在窯內，而在窯外之竈中。火焰及熱氣由窯壁之火路，進入窯內。窯中生火約歷七日，屆時息火，將窯門密封，使窯之降冷極緩，如是其成品方能不脆。此新式窯所得有用之磚，較舊式升火窯為多。

(二)降火窯 此式窯用於烘燒各種粘土製品。窯底有孔，用煙道連於煙囪。如第二十六圖所示，燃料在窯外之竈燃燒。發生熱氣，通入窯中，先抵泥坯堆之頂，次經過其中。復次至窯底之孔，復次經煙道而入煙囪。此式窯中溫度之分配較均勻，故成品質地整齊，多能合用。

(乙)連續窯 連續窯 (continuous kiln) 有多種式樣，但均具有若干窯室，用牆隔之。每一室附有一火箱，為生

火之處。窰室之間，有煙道相通，而每一窰室與煙窗間，亦有一煙道相通，俱有火門，以行啓閉。煙道在窰底開孔，磚坯受熱，乃自上而下。當一間窰室生火時，可使熱氣經過其餘窰室，然後入煙窗，故置在此數間窰室中之磚坯，俱得先行加熱，因之所用燃料可省。製成之磚，有用之數頗多。

燃料 磚窰用燃料，隨地而異。窰中之爐，依用柴、用煤，或用煤氣之別，而異其形式。

烘燒 粘土在烘燒時之變化，可分爲三期，述之如下：

(一)除水期 在除水期 (dehydration stage) 中，粘土空隙內之水分，受熱蒸發；而含水之物質，如瓷土質，及氫氯化第二鐵等，亦失其水分，礳質物質燒失。此時期大約當溫度升至攝氏溫度計上七〇〇度之前即終結。

(二)氯化期 在氯化期 (oxidation stage) 中，遺留之礳質燒盡，而第一鐵氯化爲第二鐵。此時期約當溫度升至攝氏溫度計上九〇〇度時終結。

(三)熔融期 普通磚瓦，實未曾燒至熔融，但如鋪地磚則必燒至全熔時期，方能堅硬而韌。普通磚之時，最高溫度在攝氏溫度計上九〇〇度至一二〇〇度之間。

降冷 窯中保持最高溫度，經過六至十五日，乃息火，封閉窯門，防冷空氣竄入。聽成品自行緩降冷，庶免裂拆之弊，且能增加磚塊之韌度。過數日後，乃開窯出貨。

上釉 粘土製品，經過上釉，不僅增加美觀，且令具不透水性。釉有玻璃釉 (glaze) 及珐瑯釉 (enamel) 之別。前者透明，後者則否。

揀選 因窯中溫度，非極均勻，故成品質地，不能一律。近火被燒過度者，及遠火受燒不足者，均非美品。開窯之時，應將成品揀選分類，以備出售。

第二節 粘土製品之性質

外觀 粘土製品之外觀，如形狀、色彩、窯斑、裂拆、片層等，與其品質總有多少關係，故當注意。大概言之，成品表面帶有顯明之窯斑者，示其受燒已劇。裂拆乃由製坯時之乾燥或烘燒後之降冷不得法所致，而強度及耐凍度，俱因以降低。片層之耐凍度如顯著，亦有害於強度及耐凍度。

敲聲 粘土製品之烘燒合度，未有裂縫者，在乾燥時，用錘擊之，則發金屬清脆之聲。

硬度 由粘土製品之硬度，可以知其烘燒之程度。

吸水量 通常以為磚瓦之吸水量，與其耐用性大有關係；而汲水多者，在冬季有凍裂之虞，實則不盡然，因磚瓦中空隙，罕有全被水分填滿者，水結冰時，儘有膨脹餘地，自不至將磚瓦凍裂也。

第二十四表 粘土製品之性質表

品名	吸水量以浸		比	重	平均擠壓強度 若若干磅計	平均橫撓強度 若若干磅計	平均剪斷強度 若若干磅計	應力未逾極限擠 壓強度四分之一 時之擠壓彈性係 數以每方英寸若 干磅計
	水四十八小	時後汲水重						
普通房屋磚	至一八	至二二	一〇	四、〇〇〇	至一、〇〇〇	至一、〇〇〇	至一、五〇〇	至二、五〇〇、〇〇〇
牆面磚	至二二	至二六	二〇	八、〇〇〇	至一、二〇〇	至一、二〇〇	至一、二〇〇	至三、〇〇〇、〇〇〇
鋪地磚	至三一	至三一	二〇	一〇、〇〇〇	至二、五〇〇	至一、五〇〇	至一、二〇〇	至八、〇〇〇、〇〇〇
耐火磚	至二八	至二八	二〇	三、〇〇〇	至六、〇〇〇	至三、〇〇〇	至一、〇〇〇	至四、〇〇〇、〇〇〇
無釉之空心瓦	至一〇	至一〇	一〇	二、〇〇〇	至一、〇〇〇	至一、〇〇〇	至一、〇〇〇	至一、五〇〇、〇〇〇
塊及房屋瓦	至一五	至一五	一〇	二、〇〇〇	至一、〇〇〇	至一、〇〇〇	至一、〇〇〇	至三、〇〇〇、〇〇〇

比重 粘土製品之比重，隨其原料及烘燒之程度而異。大概言之，原料用頁岩者，較用粘土者為重；而烘燒程度愈深，則似愈重。

擠壓強度 粘土製品中如試屋磚，及耐火磚，砌成牆壁，其擠壓程度，常不及單一磚塊之擠壓強度，故由試驗單一產品所得之擠壓強度，祇在比較各種磚塊之時有用，此外無甚重要價值。

橫撓強度 磚之橫撓強度，易於試驗測定，結果頗準確，最足以表示其品質之優劣。當磚牆壓壞之時，磚塊實非被壓破碎，乃由嵌縫膠沙先被擠出，磚塊中起牽引應力，既逾所能勝之限度，遂使磚塊破碎。磚塊之橫撓強度，與其牽引強度，頗有密切之關係，故試驗橫撓強度，可推得其牽引強度之係數，而因以測其磚牆抵抗破壞之能力。

剪斷強度 試驗磚塊之剪斷強度時，常有牽引及擠壓應力，與剪斷應力，一同存在，故所得之值，難求正確，而在實用上各無甚價值。

彈性係數 磚塊之彈性係數，隨受力之量而異。由擠壓試驗應力變形圖觀之，其彈性的性質，與三和土及膠沙頗相似。

第四節 粘土製品各論

普通房屋磚 普通房屋磚爲房屋磚中等級最下者，用於砌造不注重美觀之牆壁，及填充牆壁臺墩之中心等。其顏色有深淺，烘燒有強弱，而形式亦非一律。其用途爲作房屋，牆壁，支柱，支墩等一切磚砌工之材料。

牆面磚 牆面磚乃較普通房屋磚爲優良之磚，表面平滑，隅角方正，質地堅硬，用以砌成牆面，則膠沙接縫可薄，頗爲美觀。由乾泥法壓製磚坯，可得此種之磚，故又有壓製磚之名。又由軟泥法或硬泥法所製磚坯，在乾燥後，再加壓實，然後燒之，所得者亦爲牆面磚，故又有再壓磚之稱。

玻璃面磚 玻璃面磚之製法，係用未燒之普通房屋磚作地，於表面先塗彩泥一薄層，後塗玻璃質釉料一層。塗就之磚入窯烘燒，則釉料熔化，於彩泥之上，成一透明層。其用途爲作屋內裝飾。

裝飾磚 裝飾磚係用特別式樣之型製坯，俾表面起有花紋，亦有用特別彩色之粘土作原料，以求美觀者，其餘製法與普通房屋磚同。其用途爲房屋之裝飾。

空心磚 空心磚乃依硬泥用法特別磚型製坯而成，沿其長度方向，中心空虛。因其質輕，多用

在房屋內部砌造牆面或隔牆。有於磚面作成凹槽，以便塗附圬料者。

鋪地磚 製造鋪地磚，當注意於成品之形式，應具方正稜角，絕不可有扭振、裂拆、胞點等弊。磚之質地，應整齊一律。

鋪地磚之原料有表面粘土，不純耐火粘土，及頁岩三種。以頁岩為最適宜最通用。其製坯係用硬泥法。鋪地磚通常寬三英寸半，長八英寸半，厚四英寸，故所用磚型，較製普通房屋磚者為大。磚坯之乾燥與尋常硬泥法製磚相同。其烘燒係在降火窯或連續窯中行之。需時自七日至十日。火候隨所用原料而異，用頁岩者，須至發鮮紅色時，溫度自攝氏溫度計上八五〇度至一一〇〇度。磚坯既經燒透，即將窯密封，使其降冷極緩，歷時亦約自七日至十日，方可開窯。在窯之中部受燒合度之磚，乃優良之鋪地磚；在窯上下，烘燒不合度者，祇可作為次等磚出售，供建築基礎，或砌造水溝等之用。

耐火磚 耐火磚為用於砌造工廠煙囪與各種冶金廠熔爐之用，必須能耐受高熱而不融軟變形，必須能不受冶金時所生氣體及爐渣等之侵害，必須能在極熱之時，不受侵蝕，必須不易傳熱。冶金之化學作用有種種，因之耐火磚之性質，亦隨其用途而異，故可分類如前節所述。

(一)酸性磚 用以抵抗含矽質爐渣或別種酸性爐渣作用之耐火磚，計有耐火粘土磚，氯化矽磚；及密緻石英沙岩磚三種。

(甲)耐火粘土磚之原料，係以尋常耐火粘土為主，而和入少量燧石粘土 (flint clay)，燒過耐火粘土 (burnt fire clay)，沙，或別種難熔材料，以防磚坯乾燥時，或燒成時收縮過多。耐火粘土所含熔劑，較普通粘土為少，是以難熔。原料採得後，分別磨成細粉，用篩篩過，依適當比例而混和之，加入應有之水量，所得溼泥，留置若干時，然後製坯。製坯有依軟泥灑水法用手工者，亦有依硬泥法或乾泥法用機器者。其乾燥與房屋磚同。其烘燒係在降火窰或連續窰行之。燒成溫度自應較燒普通磚之溫度為高，使以後在爐窰受高熱時，不致再有收縮變形。普通耐火磚之燒成溫度為攝氏溫度計上一四〇〇度，而最高等成品之燒成溫度則為攝氏溫度計上一九〇〇度。

(乙)氯化矽磚 氯化矽磚係以矽質沙或矽質沙岩為主要原料，和以少量石灰，用為膠合之物質。用質地極低之原料所製者，能耐攝氏二、一五〇度之高熱，但普通之貨，則不能耐受攝氏二、〇〇〇度以上之熱。氯化矽磚常係用手工製坯，在降火窰中燒成。燒時溫度自攝氏一、四〇〇

度至一、七六〇度。熄火後降冷須極緩。

(丙)密緻石英沙岩磚 品質介於上列二種磚之間，乃用密緻石英沙岩 (ganister) 製成。製法約與氮化磚相似。

鹼性磚 用以抵抗鹼性爐渣作用之耐火磚，為鹼性磚。又分二種：

(甲)苦土磚 原料為菱鎂礦 (magnesite)。先輕燒之，成苦土 (magnesia)，即氮化鎂。次強燒之，加入氮化鐵，成含鐵苦土 (sintered magnesia)。次取含鐵苦土，加入輕燒苦土，加水調和。用手工製坯，俟其半乾，再行壓實。移入降火窯燒之。燒成溫度自攝氏一、八二〇度至一、九五〇度。

(乙)鐵礬土磚 鐵礬土磚之主要原料為鐵礬土 (bauxite)。磨成細粉，和以粘土，加水調和。用手工製坯，或依硬泥法用機械製坯，烘燒之溫度為攝氏一、五五〇度。成品之質不堅。

中性磚 在鹼性冶金爐之爐渣線，及時與鹼性物質時與酸性物質接觸之處，所用耐火磚，應屬中性。此種磚之主要原料為鉻鐵礦 (chromite)，即鉻及鐵之氮化物。取礦石軋碎，與耐火粘土或苦土相混，加水磨細。用極大壓力壓成磚坯。燒成溫度約為攝氏一、六五〇度。中性磚對於爐渣之

低抗力雖強，但不及苦土磚之耐火，而質亦較弱。

蓋屋瓦 蓋屋瓦之硬度及強度須高，而吸水量須低。作原料之粘土，碾磨以後，細細篩過，再加水攪拌碾磨。送入螺鑽製坯機，製成瓦坯；或先製成粗坯，後經機械再壓，以成瓦坯，與硬泥再壓製磚法相似。瓦坯乾後，置於耐火土鉢內，送入窯中燒之，俾不與火接觸。蓋屋瓦之用途為蓋造屋頂。

空心瓦塊 隔壁瓦塊及耐火瓦塊 三者為相似之物，俱用粘土為原料，或以頁岩磨細與粘土混和用之。以乾泥法用機械製坯，在降火窯中燒之。空心瓦塊用於建築受有載重之牆。隔壁瓦塊，用於建築無載重之牆。耐火瓦塊與隔壁瓦塊祇形式不同。

鋪地瓦片 其原料為燒成白色或紅色之粘土，耐火粘土及頁岩。用乾泥法製坯，在降火窯中燒之。有花面瓦片及本色瓦片二種。

貼牆瓦片 貼牆瓦片與鋪地瓦片之主要差異，在花樣及烘燒程度之深淺。先放於耐火土鉢中，置入窯中燒過，加塗釉料，仍放鉢內，入窯再燒，使釉料熔解，則得美觀之表面。

第五節 燒泥

總論 燒泥之原料，亦為粘土，與房屋磚同，所不同者，在原料經過仔細選擇，碾磨成質地均勻之細粉，故能燒成所需之彩色而略帶釉面。常取數種粘土，混和用之。

裝飾用燒泥 裝飾用燒泥，廣用於房屋及別種建築物之裝飾。其原料為耐火粘土及頁岩，或

耐火粘土及不純粘土。

混和碾細，加入碎磚或

燒過粘土所磨之粉，以

減少收縮性。用手工製

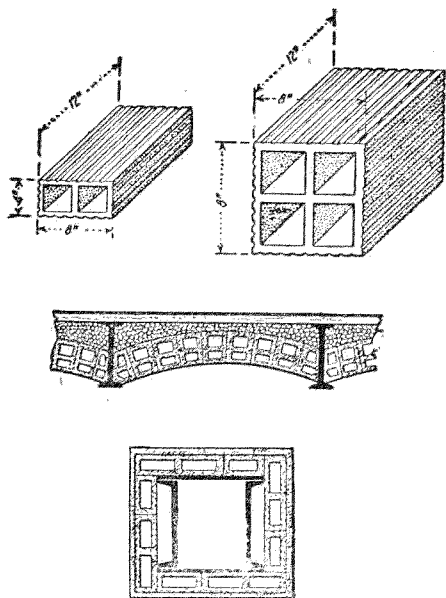
成。表面灑彩泥漿一層。

置入耐火土鉢內，入窯

燒之，其溫度當在攝氏

一一〇〇度至一三〇

〇度之間。



度尺及式形種各有塊泥燒軟之等柱牆造(甲)

板地承支以拱成作塊泥燒軟用(乙)

料材火防之外柱網為塊泥燒軟用(丙)

法用其及塊泥燒軟 圖七十二第

軟燒泥塊 如第二十七圖所示，與裝飾用燒泥極不相類。用於建築地板拱面及作耐火材料。其製造法與隔壁瓦塊相似。有一特點，即於粘土之中，混入多量鋸木屑，或細切之稻桿和水攪拌，成爲硬泥，用活塞製坯機，製成空心之坯，送入降火窯入烘燒。其溫度不高，剛足以將木屑燒盡，而燒泥成爲輕鬆之質，能受鋸解，并可加釘也。

第六節 粘土製管

洩水瓦管 洩水瓦管之原料，爲燒成紅色之粘土，或如製造軟燒泥塊所用數種粘土之混合物。製管常採硬泥法，在螺鑽製坯機，用特別之型，製成長筒泥坯，截成所需長度。在窯內烘燒之溫度，足以燒成強固鬆透之物質，而不使熔融。

污水瓦管 原料爲燒成紅色之粘土，耐火粘土，頁岩，及頁岩與耐火粘土之混合物。尋常之管，依硬泥法製造，在直立壓機中製坯，管端有接榫者，則依乾泥法製坯。泥坯在蒸汽乾燥室中乾燥後，置入降火窯中烘燒，溫度在攝氏一〇五〇度至一三〇〇度之間，以燒至原料初熔爲度。污水瓦管常上鹽釉，使極難吸水，且現平滑。污水瓦管長約三英尺，直徑自數英寸至四十二英寸爲止。

電線導管 大城市內，電線常置於粘土製導管中，埋在地下。形如方柱，長約三英尺，中空穿孔，爲安置電線之處。選料造坯，與耐火瓦塊相似，但燒至極硬，且上鹽釉，令不透水。

第七章 建築用石

第一節 分類

分類總論 建築用石之分類法，有以物理的構造為標準者，有以化學的成分為標準者，今分述如下。此外尚有以地質的生成為標準者，在研究建築用石之性質時，不關重要，故不多述。

依物理學性質分類 岩石依其大塊之物理的構造，分為下列二類：

(一)成層岩 (stratified rock) 由石層積疊而成。例如石英岩 (quartz rock)，大理岩，普通角閃板岩 (hornblende slate)，硬沙岩 (greywacke) 是。

(二)不成層岩 (unstratified rock) 不由石層積疊而成。常屬結晶狀之顆粒，黏合甚堅，結為岩石。例如花剛岩，深暗岩 (trap)，玄武岩，熔岩等。

依化學性質分類 岩石依其中主要礦物成分之化學性質，分為下列三項：

(一)矽質石 (siliceous stone) 成分以矽化砂為主。例如花剛岩，正長岩 (syonite)，雲母板岩

(mica-slate)，綠岩，玄武岩，深暗岩，斑岩 (porphyry)，石英岩 (quartz rock)，普通角閃板岩，沙岩等。

(一) 粘土質石 (argillaceous stone) 成分以氯化鋁爲主。例如板岩及硬沙板岩 (Greywacke slate) 此種岩石，常不耐用。

(二) 石灰質石 (Calcareous stone) 成分以碳酸鈣爲主。例如大理岩，及石灰岩。此種岩石以愈密緻者爲愈耐用。

第一節 選擇

選擇 選擇石料，當注意之點如下：

(一) 價值須廉，凡石料之出產豐富，易於採掘，產地離使用之處不遠，且運輸便利者，則其價可廉。

(二) 耐用性須高，此與石料之種類，當地溫度，溼度，空氣是否清鮮，有無煙氣等，俱有密切之關係。

(三) 強度，有時尙非極重要，如在石砌工中，所用安全率甚大，且接縫膠沙之強度，遠不及石料之高，自不需求強度極高之石料，然如在作支柱，門楣等受壓力甚高之處，與階級，門限等受磨蝕甚劇

之處又當別論。

(四)美觀有時甚爲重要，亦視用途而定。

第三節 開採

開採石料之法有數種，或憑手工，或憑機械之力，或用炸藥，或併合兩法或三法用之。

手工開採法 在岩層不厚之處，可用手工開採。先用鑽及錘，在岩石上鑽孔若干列，孔徑自八分之三英寸至四分之三英寸，一列中兩孔相距數英寸。此列之孔與彼列之孔間，視所採石料之尺度而定其距離。將一根心楔，夾於一對邊楔之間，置於孔中。心楔爲狹窄之鋼楔，兩面俱平，邊楔爲一面平一面圓之鋼楔。將各孔中諸楔同時敲擊；當岩石受力已足時，卽行脹裂，依穿孔之線而分離。

機械採石法 開採石料，在工作規模較大時，卽可用蒸汽，或擠壓空氣，或電，以推動機械而行鑽鑿，既較手工鑽鑿爲速，且能爲手工鑽鑿所不能爲之工作，如向石面鑽成斜孔是也。

炸藥採石法 如所採岩石，不求成爲巨大方整之塊，或取作築路或築三和土之材料，尙須施行軋碎者，則可用炸藥開採。在岩石中鑽孔後，取適當分量之炸藥，置入孔中，上加溼沙，粘土，紙團等

壓實。引火使炸，則岩石分裂。

開採石料之炸藥常用者為火藥 (Gunpowder) 或狄納密特炸藥 (dynamite)。

第四節 琢鑿

建築用石料，依其表面整理之情形分為三大類，再析為若干種，述之如下。

(一) 未斲石 (rough stone 或 unsquared stone) 從石坑採取後，除將過於顯著之突起除去外，更不再施雕琢之工，即行使用。

(二) 粗斲石 (stone roughly squared and dressed) 石面及接縫，略施雕琢。其與下一類，細琢石

料之分，即在接縫之疎密。如接縫中填嵌膠沙厚逾半英寸，其石料應屬此類。又依表面琢鑿情形，分為三種：

(甲) 粗面石 (quarry faced stone) 如第二十八圖

所示，表面留存其自石坑取出時之原形。

(乙) 粗邊石料 (pitch-faced stone) 如第二十九圖



石面粗 圖八十二第



石邊粗 圖九十二第



石邊細 圖十三第

所示，用寬力擊削平表面之邊緣，使約略正直。

(丙) 細邊石料 (drafted stone) 如第三十圖所示，用擊削平表面沿邊之部分，而其中間地位，未施雕琢，仍屬粗糙。

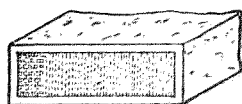
(二) 細斫石 (cut stone 或 stone accurately squared and finely dressed) 而層平滑，接縫整齊，嵌縫膠沙，厚在半英寸以下。細斫石恆修成細邊，在其中間地位，依下述各法整理平滑；但在體積巨大之建築，有保留粗糙石面，而不加工修琢者。

(甲) 粗擊石 (rough-pointed stone) 如第三十一圖所示，用鶴嘴鑿或粗錘擊，除去石面餘賸之料，至其突起部分，高在半英寸至一英寸之間為度。在琢治石灰岩及花崗岩時，恆先行此法。

(乙) 細擊石 (fine-pointed stone) 如第三十二圖所示，石面粗擊之後，如尙須加細，則用細錘擊斫，至突起部分，高不過半英寸為度。修成之面，不再用



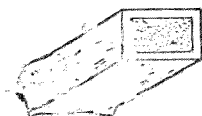
石擊粗 圖一十三第



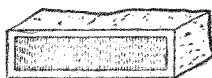
石鑿密 圖三十三第



石鑿細 圖二十三第



石琢錐面稜 圖五十三第



石琢斧 圖四十三第

別種工具整理。

(丙)密鑿石 (crandalled stone) 如三十三圖所示，與細鑿石相似，惟鑿痕更加整齊，而突起部分僅有八分之一英寸高。所用器具為窺齒鑿 (crandall)。

(丁)斧琢石 (axed stone) 如三十四圖所示，及鑿刃錐鑿石 (patent-hammered stone) 石料表面，留有平行之斧痕，後者較前者為細。

(戊)齒斧琢石 (tooth-axed stone) 工具係用齒斧 (tooth axe) 琢成之石面，與細鑿石相同。

(己)稜面錐琢石 (bush-hammered stone) 如第三十五圖所示，石料表面不平處，用稜面錐 (bush-hammer) 敲擊去之。此法施於細鑿或齒斧琢鑿之後，常僅在石灰岩



石面錐 圖六十三第

用之。

(庚)磨平石 (rubbed stone) 石料表面用粗沙或沙岩磨成平滑。此法宜施於大理岩及沙岩。磨成之石，不見邊緣。

(辛)錐面石 (stone of diamond panel) 如第三十六圖所示，石料表面在邊之以內者，造成扁平之錐形。

第五節 強度性質

強度總論 石料之強度性質，不僅隨其種類而異，即同一種岩石，產地不同，則強度便不同，甚至同一石坑所採得者，亦有強弱之別。至於強度試驗方法殊異，則結果便難畫一。故各地學者試驗之報告，祇有供參攷之價值，並不能即取其平均值，以作實地計算之用。遇有重要建築，仍以實行強度試驗為正當辦法。石料之強度性質中，所當研究者，為其擠壓強度，橫撓強度，剪割強度，及彈性係數四項。

今將一八九四年至一八九五年間美國瓦得敦兵工廠 (Watertown Arsenal) 試驗美國產

石料強度性質結果，列表如下。

第二十五表 建築用石之強度表

石之種類	極限強度以每方英寸若干磅計				柏松氏比率
	擠壓	剪割	撓斷係數		
花剛岩	二〇、〇〇〇	二、二五〇	一、六〇〇	〇・一七二至〇・二五	
沙岩	一二、〇〇〇	一、六八五	一、四五〇	〇・〇九一至〇・三三三	
石灰岩	九、〇〇〇	一、四〇〇	一、二四〇	〇・二七	
大理岩	一二、六〇〇	一、三〇〇	一、五〇〇	〇・二二二至〇・三四五	
板岩			七、〇〇〇		

有當注意者，即表中所記，僅為平均值，而同一種石料，以產地不同之故，其強度之差異，乃極大。例如以擠壓強度言之，花剛岩之最小值為每方英寸一五、〇〇〇磅，最大值為每方英寸二六、

○○○磅；而石灰岩之最小值爲每方英寸三、○○○磅，最大值爲每方英寸二〇、〇〇〇磅也。

擠壓強度 建築石料之擠壓強度，隨其種類及產地而異，即試驗之情形，對於所得結果，亦有影響。通常試驗樣品，多爲立方體，如易爲長柱或扁板，則所得結果便不同。樣品如屬鋸成者，石質無甚損傷；如係用斧鑿琢成，則因受震之故，強度遂降低。樣品如受水浸溼，則損其強度。樣品在試驗機上之安置情形亦關重要。襯墊樣品之物有異，則試驗結果各殊。壓力分布在樣品面上，須求均勻，否則得值不能準確。

石料之擠壓強度，固屬重要，然不能單據此以定石質之優劣。

橫撓強度 在用石條作門窗之楣，用石板鋪路，或蓋造涵洞等時，固當注意於石料之橫撓強度。在石牆中，往往因建築未得法，致發生橫撓應力，而有裂圯現象，欲救此弊，不得不審石之橫撓強度，而後用之。

剪割強度 石料之剪割強度，通常不關重要，但有時亦應注意，如用石條作門窗之楣時是。

彈性係數 石料之彈性係數，亦其當注意之價值，因在計算整塊石料受壓力時之變形時，須

用此值而從此值亦可略測石砌工受壓力時之變形情形故也。石料不守虎克氏定律 (Hooke's Law)，其彈性係數，隨應力之大小而異。在應力變形圖上，花崗岩、石灰岩及大理岩之曲線，不及沙岩之曲折。

第六節 物理的性質

比重 石料之比重，頗關重要，其故有二：(一)同一種石料，強度與比重略成比例。(二)用石料作壩堰障壁等，一方面受水壓力之構造物，石料之比重愈高，則構造物愈安定。

計算石料之比重方法有二：(一)如求石料之真正比重，可將石料磨成細粉，依測定水泥比重之法測之，此法使用適宜，結果可得正確。(二)如求石料之大概比重 (apparent specific gravity)，即石料連空隙之比重，可先取乾燥石塊樣品，定其重量 A ，次浸入水中，定其重量 B ；復次提出拭乾，隨即定其重量 C 。則 $A \div (C - B)$ 乃所求之大概比重，其值較真正比重為小，以六

二·四乘此值，得石料每立方英尺重量磅數，乃工程計算上實用之數也。

常用石料之比重及單位體積重量磅數，如下表所列。

第二十六表 各種石料之比重及單位體積重量表

石料種類	比		重		單位體積重量以每立方英尺若干磅計		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	
深暗岩	三·〇三	二·八〇	二·九五	一八九	一七五	一八四	
花剛岩	二·八四	二·六四	二·七〇	一七七	一六五	一六八	
沙岩	二·七五	二·一一	二·五二	一七二	一三二	一五七	
石灰岩	二·七六	二·四八	二·六四	一七二	一五五	一六五	
大理岩	二·八七	二·七三	二·八一	一七九	一七一	一七五	
板岩	二·八四	二·七五	二·七九	一七七	一七二	一七四	

硬度及韌度 石料之硬度隨其礦物成分之硬度及其凝聚之情形而異。組成石料之礦物，硬
 度高低，相差甚遠；低者如滑石，可用指甲刮傷；硬者如石英，能於玻璃面上劃痕。礦物成分之凝聚緊

密者，則岩石之硬度高，而耐用性亦高，疏鬆者反是。故有種岩石，雖由堅硬之礦物生成，然以組織疏鬆之故，易受斧鑿，反不似彼由較軟之礦物緊密結合者之難於琢磨也。

石料之韌度，隨其礦物成分凝聚之力而異。

凡鋪街道之石塊，造道路之碎石，砌階級之石條等，均須兼具充分之硬度及韌度，方能合用。

空隙度 石料之空隙度 (Porosity) 不宜高，高則受煙氣雨水侵蝕而分解，及因凍結而剝落之石層加深矣。測定石料樣品連空隙計之體積，復由其粉末之比重，求得樣品不連空隙計之體積，從此便可推出空隙度。今將美國巴克力 (Bruckley) 氏測得美國數種石料之空隙度，錄如下表，以資參攷。

第二十七表 各種石料之空隙度表

石之種類		空隙度之百分率
最大	最小	值

花剛岩	一·四五	〇〇一九
石灰岩	一三·三八	〇〇三二〇
沙岩	二八·二八	四·八一

吸水率 祇就石料之吸水性論之，則吸水愈少者之耐用年限應愈長。計算吸水率之法，為先定乾樣品之重量A，次浸入水中歷二十四小時，再定其重量B。則 $(B - A) \div A$ 乃所求之吸水率。今將一八七五年美國工程總監報告 (Report of Chief of Engineers, U. S. A.) 所載試驗各種石料之吸水率，列表如下：

第二十八表 石料之吸水率

石之種類	吸水百分率以重量計		
	最大值	最小值	平均值

花剛岩	○·六七	○	○·一二
石灰岩	五·○○	○·二○	二·六三
大理岩	○·六七	○	○·三三
沙岩	六·六七	○·四二	四·一六

膨脹率 石料受熱則膨脹，降冷則收縮，與別種物質相同。美國瓦得敦兵工廠，曾試驗美國各種石料之膨脹係數，如下表所列。

第二十九表 石料之膨脹係數

石之種類	膨脹係數以每華氏一度計		
	最大	最小	平均
花剛岩	○·○○○○四六	○·○○○○三二	○·○○○○三六

石 灰 岩	○●○○○○○六三	○●○○○○○一九	○●○○○○○三八
大 理 岩	○●○○○○○四七	○●○○○○○〇六	○●○○○○○二八
沙 岩	○●○○○○○六九	○●○○○○○三二	○●○○○○○五二

當試驗時，察得石岩均有因受熱而留有一部分永遠膨脹之象；花崗岩之平均值爲○●○○○一九，岩灰岩及大理岩爲○●○○○三七，而沙岩爲○●○○○二六。此諒因水分竄入石之顆粒間所致，爲量雖微，然在長條石料，計畫接榫時，卽當留意及之。

第七節 耐用性

總論 石料之耐用性，不僅隨石料本身之種類而異，復隨地不同，故石料之耐用年限，自數年以致數百千年，差異甚大。今將各種普通石料之耐用年限，列表如下，以見大概。

第三十表 石料之耐用年限

石之種類	耐用年限
花剛岩	七五至二〇〇年
片麻岩	五〇至二〇〇年
石灰岩	二〇至四〇年
大理岩	四〇至一〇〇年
沙岩	二〇至二〇〇年

石料對於環境中種種侵蝕作用，本身原有抵抗性；迨其逐漸消失，敗壞遂顯。凡氣候涼燥之變化，風吹，雨淋，煙熏，火燒，重壓，摩擦等，對於石料皆有侵蝕作用，但程度有深淺耳。至於石料之抵抗侵蝕性，則視其成分，組織，構造，及表面狀況等而不同。

研究石料之耐用性，方法有二。(一) 檢查古舊石牆，石橋，石碑，石柱等之狀態，其耐用性高者，則經歷長時期，猶能保存其斧鑿痕而顯露稜角。觀察所得，可供選擇新石料之參考。(二) 假定各

種石料耐用性之高低，乃與石料之強度、吸水性、抵抗凍結之性、抵抗酸性氣體之性、及抵抗火毀之性等爲正比例或反比例；而作關於各種侵蝕作用之試驗，以推測其耐用性。但種種侵蝕作用，乃同時進行且有連帶之關係，與分別進行者不同。故試驗所得結果，祇爲大概情形，並不準確。關於石料之強度，上已述及。今將石料抵抗侵蝕之別種作用，分述如下。

石料對於凍結之抵抗力 石料建築物在嚴寒時凍壞者，殊屬少見。通常試驗石料對於凍結之抵抗力，爲取樣品浸水，時凍時解，經歷若干次後驗其所失重量，或驗其前後強度之差異。其結果祇能指示大略，因試驗時之情形與石料使用時情形，非盡相符也。

石料對於酸性氣體之抵抗力 大城中，煤煙迷漫，空氣所含碳酸氣及二氯化硫氣，較村野清新空氣所含者爲多，對於石料之侵蝕作用頗著。試驗石料對於酸性氣體之抵抗力，可取樣品石塊，置於器中，除去空氣，代以碳酸氣或二氯化硫氣，而密封之，經過二三日，換氣一次，如是歷一月或二月，驗其所失重量。美國尉爾柏（Wilber），作此試驗，今將其結果，列表於下，以資參考。

第三十一表 各種石料對於酸性氣體之抵抗力

石之種類	石料置在酸性氣體中之最大損失重量百分率	
	在碳酸氣中歷五十二日	在二氯化硫氣中歷三十一日
花剛岩	○●○二九	○●○二四
石灰岩	○●○一七	○●二五○
大理岩	○●○八七	○●二五○
沙岩	○●一○四	○●二五○
板岩	○●○四	○●○七

石料之抗火性 在火災時，石造房屋，常受重傷，若受救火水管噴射，則損害尤甚。就此層言之，石料乃不如磚及三和土之佳。其所以破壞，乃在全部受熱不均，則膨脹之程度相差，而生內部應力，遂引起裂拆分解等現象。石質之組織，與其各種礦物成分之膨脹性質，對於石料之抗火性，有重要關係。今將各種石料抗火性，分述如下：

(一)花剛岩 花剛岩之抗火性特弱。每於溫度僅有攝氏五五〇度時，即已不能耐受。花剛岩顆粒粗者之抗火性，較細者為低。

(二)片麻岩 片麻岩因有成片之組織，故抗火性更較花剛岩為劣。

(三)石灰岩 石灰岩遇火，在溫度未升至攝氏六〇〇度時，尚無損傷。過此點則分解而崩壞。但石灰岩被燒後，如急速降冷，其傷損反不如緩慢降冷者為大，此可異者也。

(四)大理岩 大理岩因組織粗疏與成分純淨之故，被火燒時，未及分解之溫度，即已傷損。其裂垢頗雜亂，而石屑迸落，與花剛岩正相似。

(五)沙岩 沙岩如組織密實而不疏鬆，則受火燒與急冷之傷害，不及別種岩石為劇。但不能耐受攝氏八五〇度以上之溫度。沙岩裂垢時，大都沿天然層理；故安置沙岩石料時，宜使其層理成水平，則遇火時雖起裂垢，不易散落。沙岩之膠合物質，屬氯化矽或炭化鈣者，抗火性較高；屬氯化鐵或粘土者反是。

維持石料耐用性之方法 琢磨石料之方法，對於石料之耐用性，頗有關係。如用稜面錐或擊

刃鎚等類工具，則石面受擊生細縫，易於吸水凍裂。花剛岩及別種密緻之結晶質岩石，以表面少受斧鑿者為耐用。質地粗疏軟弱之岩石，以表面平滑者為耐用。

石料應依其在鑛坑中之天然層理，平置於構造物中。此點對於石料之耐用性，甚關重要。

因欲維持石料之耐用性，有用油漆、煤膏、石蠟及別種化學藥品等，塗於表面之法，均無大効。

第八節 各種重要石料之特性

花剛岩 花剛岩之結構，有為細顆粒者，有為粗結晶者，種種不同。其成分以石英及長石為主。此外有少量之雲母及普通角閃石。通常為灰色，間有帶綠色，帶黑色，淡紅色，帶黃色及帶紅色者。花剛岩極硬又極韌，故琢治不易。其強度及耐用性，在普通石料中，推為最優。

花剛岩有兩種斷裂面，一為正斷裂面。一為副斷裂面。成直角相交。採石時，利用此種性質，可得方整石塊。

花剛岩用於建築房屋，作為基礎，牆之底層，屋柱，台階等，均重其有堅固耐用之性；用途最廣。此外有作裝飾房屋表面者，則選其質地不過粗，能受磨琢，且彩色美觀者用之。

片麻岩 片麻岩乃花剛岩之經過變質而成者，其礦物成分與花剛岩同，形狀亦相似；所異者在片麻岩之結構，爲葉狀 (laminated) 而其礦物成分略作平行排列。故片麻岩易於分劈爲平板。片麻岩適用作牆壁基礎，鋪砌街道，作路沿 (curb)，版石 (flagging) 等。

深暗岩 深暗岩爲數種顏色深暗，質地細緻之火成岩之總稱。如玄武岩 (diabase) 及細緻輝長岩 (fine grained gabbros) 屬之。

石灰岩 石灰岩指一切成層岩之爲碳酸鈣質或碳酸鈣與碳酸鎂兩質相合者而言。其大部分爲碳酸鈣而僅雜有極少量碳酸鎂者，名石灰岩；雜有碳酸鎂在三分之一以下者，名含鎂石灰岩 (magnesian lime stone)；在三分之一以上者，名白雲岩質石灰岩 (dolomitic limestone)；在三分之一之譜者，名白雲岩 (dolomite)。

石灰岩之質地常甚細緻，結晶微小，非目力所能察。其色自白色至黑色不等，而以灰色藍色者爲最多。

石灰石用於建築房屋橋梁，用於室內裝飾，隨其種類品質之不同，而用途各異。

大理岩 石灰岩之因高熱高壓之合併作用而成爲顯著之結晶質者，名爲大理岩。結晶粗細及色彩深淺，頗多差異。或作白色，或帶黃色或淡紅色，或帶灰色，青色，黑色。

大理岩乃建築石料中之最美觀者，多用於室內裝飾。

沙岩 沙岩乃沙粒膠合結硬所成。其沙粒乃純淨之石英，而膠合物質，則有種種，沙岩之品質隨之變異。膠合物質如爲氯化矽質，則沙岩色淡質堅，難於琢磨，極爲耐用。如爲氯化鐵質，則沙岩帶紅色或棕色，不甚堅硬，易於雕斲，常不耐用。如爲碳酸鈣質，則沙岩顏色頗淡，質軟，易於整理，但耐用性又遜。如爲粘土質，則沙岩易刻畫，然最不能耐風霜。沙岩之結構，亦有種種。通常用作裝飾之沙岩，顆粒常不及五分之一英寸，但用於建築而不求精緻者，則可大至一英寸。

板岩 板岩乃粘土質頁岩，受重大壓力固結而成，亦開有由火成岩變質所生者。其礦物成分以氯化矽爲主，此外有氯化鋁，氯化鐵，氯化鈣，氯化鎂，及鹼質等。其色自青至黑。板岩最重要之特性，在能分擘爲薄而平之片。其韌性及強度，尙不弱。多用以蓋屋，頗爲美觀。

第九節 用途

石料之用途 整塊石料用於砌工，用於鋪砌石塊路，碎石用於造碎石路，用作鐵路之道渣，用作三和土之原料。

第八章 木材

第一節 樹木

成材樹木總論 木材之用作工程材料，由來甚古，因其到處可得，且易於使用故也。樹木之種類雖多，然成材可用者，種數甚少，而可大別為三類：第一為松柏類（conifers），乃軟木樹，如松、杉、柏等。第二為闊葉樹類（broad-leaved trees），乃硬木樹，如橡（oak）、槭、槐、核桃等。此二類總稱為外長樹（exogenous tree）。第三為內長樹類（endogenous tree），如竹、籐（rattan）及棕櫚（palm）等。

三類之中，松柏類遍布於北半球各地，為最重要之工程材料。闊葉樹類，世界各地有之，在建築上亦占重要地位。而兩者之中，則以松、杉、柏、橡、槐、榿、核桃等為較重要。本章所述，祇以外長樹為限。至於內長樹中之竹，作建築材料，亦有相當之價值，然不能如上述樹木之重要耳。

樹木之構造 外長樹之構造，分為三部，即樹皮（bark）、邊材（sapwood）及心材（heartwood）。

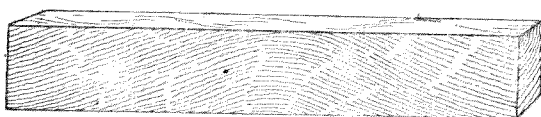
是。樹皮爲生於樹身外面之保護層，厚自四分之一英寸至二英寸不等。此層不堪用作建築材料，且當於樹木砍伐後，卽行剝去，以免木材之腐蝕加速。邊材在樹皮之內，係由柔軟而具薄皮之細胞合成，爲樹身之生活部分。心材成圓形，顏色較邊材爲深暗；係由爲數甚多之維管束合成，樹木所以能強固勁挺，卽藉此維管束之作用。

髓心 (Pith) 依樹身半徑方向，向外方周圍之邊材射出片狀之髓線。髓線乃扁平細胞所組成，其用在使直徑上之結合加固，又使樹心與外圍有交通之路。松柏類樹木之構造，較之闊葉類樹木爲均勻；闊葉樹之構造，多異常繁複。

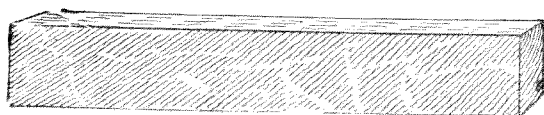
樹木之生長 外長樹於樹皮之下，生有新維管，或從舊維管束歧出。每年春季之生長，較夏季爲盛，生長之變化，使木質纖維形狀起殊異；夏季所生之木質，恆較春季所生者爲色深而質密。是以樹身之剖面，遂成爲多數同心之圓環，每環表示一年之生長。故名曰年輪 (annular ring)。核計年輪之層數，可知樹之年齡。年輪之厚度，自〇・〇一至〇・五英寸，而平常在〇・一〇英寸至〇・一五英寸之間。最後之數層，成爲邊材之部分，顏色較淺，厚度常在半英寸至四英寸之間。在邊材之



理紋直 圖七十三第



理紋振 圖八十三第



理紋斜 圖九十三第

內之諸年輪，成爲心材，占有木材剖面積之二五至八五%；其多寡依樹木種類及生長情形而異。外長樹每年所成之年輪，包於前一年年輪之外，故其樹幹，亦逐年增長。復因樹頂爲錐形，故長度之增加，可遠逾於直徑之增加。

木之紋理 木之紋理，隨木質纖維之特性及排列，年輪之寬度等，而生種種不同。

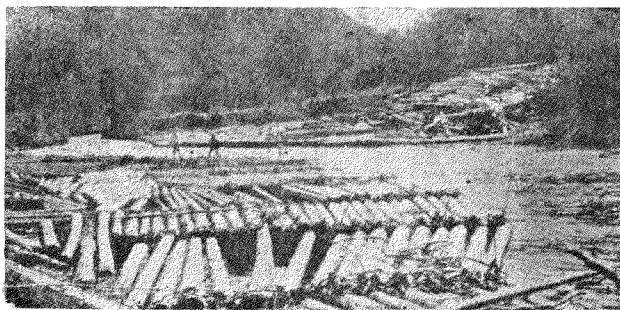
木之年輪狹窄者，爲具細紋理 (fine grain)。其寬闊者，爲具粗紋理 (coarse grain)。木之表面，光滑者，爲具滑紋理 (smooth grain)；其粗糙者，爲具粗紋理 (rough grain)。木之纖維挺直，而與樹之長軸平行者，爲具直紋理 (straight grain)，如第



第 四 十 四 圖 鴨 綠 江 畔 之 森 林

三十七圖所示，其纖維沿樹身而作螺旋者，為具捩紋理 (twist grain)，如第三十八圖所示，其纖維在生長時改變方向者，為具斜紋理 (cross grain)，如第三十九圖所示，其纖維卷曲，成爲短曲線者，為具卷紋理 (curly grain)，其見斑點之狀者，稱爲斑紋理 (mottled grain)。樹皮下木層，因受未發生之芽之影響而起凹凸者，其紋理爲鳥眼紋理 (bird's-eye grain)。木質纖維小者，為具細紋理 (fine grain)，其纖維大者，為具粗紋理 (coarse grain)。木質纖維約略同大者，為具勻紋理 (even grain)，其不同者，為具不勻紋理 (uneven grain)。

木節 木節係由樹枝爲繼長增多之年輪覆蔽所致。鋸分木材爲木板，則木節即爲該段樹枝含在板中之部分，而木

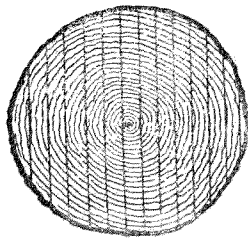


第四十一圖 鴨綠江之木排

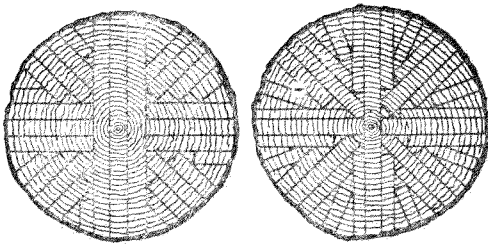
節之纖維，常與板上其他纖維，略成垂直。虛節 (loose knot) 乃木節處之裂縫，致木節在板片中鬆動分離者。實節 (sound knot) 乃木節與板片連屬，中間未見裂縫者。

第一節 木材之備辦

伐木 自入山斬伐樹木，削其枝條，修其本幹，成爲適宜形式，乃至運木入廠，以伐木一詞統之。斬伐樹木，或用斧，或用鋸。修削後之木材，以便於輸運爲度。運木之法，視當地情形而異。如鋸木廠離森林甚近，木材可自山上轉滾而下，或置於拖車上，用馬拉之，或用汽車運之，或用架空鐵路運之，或推入小溪中浮下，如第四十一圖，或造窄軌距鐵路用車載之。如鋸木廠離森林較遠，可由鐵路運之，或紮成木筏，由水道浮至木廠。斬伐木材，須慎擇適當時期。在春季及夏季霖雨正盛之



法鋸平材木 圖二十四第



法鋸輻材木 圖三十四第

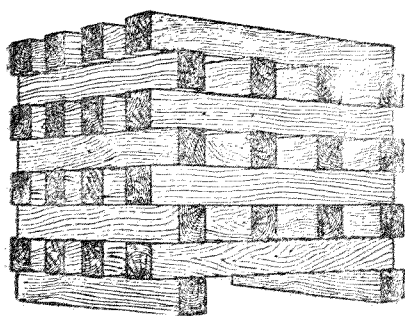
時邊材中含有多量水分，及溶解之澱粉質，糖質，及油質，如於此際斬伐木材，則此數者皆能促進木材之朽壞，故不相宜。在夏季較乾燥之時，并冬季中，樹中細胞之生長作用較衰，或竟全無作用，如於此際斬伐木材，則能得最佳之結果。斧砍之木材，說者謂較鋸斷之木材為耐用。通常伐木之期，大都在冬季。

在冬季。

鋸木 木材之鋸解，大都在鋸木廠用機力節制之帶鋸 (band saw) 或圓鋸 (circular saw) 為之。木材之鋸法，對於鋸成木料品質之高低，大有關係。

鋸法大別有二，即 (1) 平鋸法 (flat sawing)，(2) 輻鋸法 (rift sawing)。平鋸法鋸解之縫，俱

屬平行。如第四十二圖所示。輻鋸法鋸解之縫，務求與半徑方向相近；所以求板片紋理之美觀，而令秋材之硬帶顯露。如第四十三圖所示。用平鋸法，得平紋理之木；用輻鋸法，得側紋理之木。側紋理之木，不起長縫，較之平紋理者，收縮及裂坼俱少，而其磨蝕亦得稍均勻平滑。有時合并上述二法行之，是為雜鋸法（fastased sawing），將整木先鋸分為平行面之方木若干，而後用圓鋸沿方木之側邊

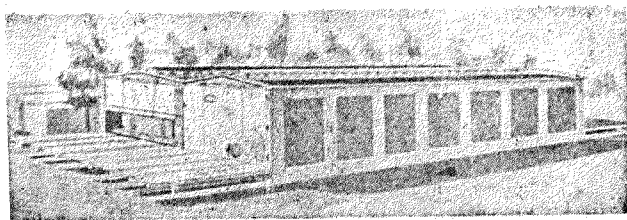


第四十四圖 適於除液之木料堆積法

修鋸之。所得之板，有屬平鋸法者，有屬輻鋸法者，而餘約一半，不專屬平鋸法，亦不專屬輻鋸法也。

除液法 備辦木料以供建築之用，須設法除去樹中之液體，或藉自然之作用，或藉人工為之。此項辦法，統名為除液法（seasoning）。木料愈乾，則其收縮愈少，而敗壞愈緩。

（甲）風乾除液法（air seasoning）於木板鋸解後，擱置之，使得受流通之空氣。木料積於乾燥之地，成為大方堆，上下相鄰之層分開，用穿條三四支，依相對之方向安置而隔離之。

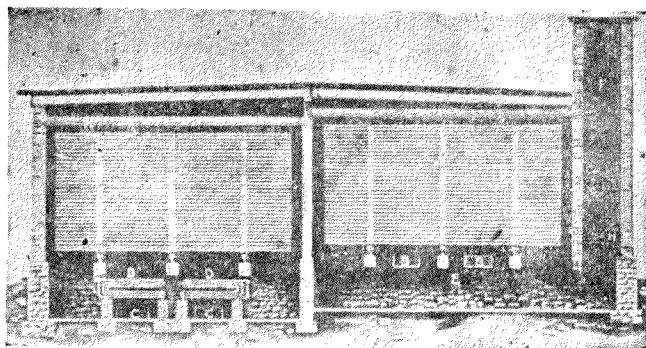


法燥乾材木 圖五十四第

如第四十四圖所示。最下一層，離地至少須二英尺。如遇堆中有敗壞之木料發見，須立刻剔除，而將木料重堆。木料乾燥透澈，為時自一至三年不等，視樹木之性質用途，及其尺度之大小而定。

(乙) 爐烘除液法 爐烘除液法促水分之蒸發，而除去樹液，但無缺點，即使木料表面及末端乾燥過速，而內部乾燥過遲，難得透澈，因之木料之強度及彈性，均為之減少。

木材置於乾燥爐內，如第四十五圖及四十六圖所示，受熱氣流之作用，其溫度隨木料種類及尺度而定。時或用氣唧筒抽出空氣，與加熱之作用相濟。麻栗木所需溫度，約為攝氏溫度計四〇度，而松木所需溫度約為攝氏溫度計九〇度。所需時間，視木料之厚度而異。一英寸厚之松板，柏板，乾燥時間為二日至四日。硬木常先置在空氣中乾燥之，自三日至六日，然後置於乾燥爐中，自六至十日。



式形之中爐燥乾材木在積堆材木 圖六十四第

橡木及別種硬木，在爐中速乾時，易生硬殼 (case

hardened) 之象，即外部之收縮乾燥，遠在內部以先，故於

外方常有裂縫之硬殼。當內部乾燥時，則易循髓線而起裂縫。曾經空氣乾燥透澈之木料，入爐後，無生硬殼之弊。

第三節 木材之性質

總論 木材之性質極不整齊，不僅異種之樹木爲然，即同種之樹木亦復如此，甚至在一株樹木各處所取之料，仍有多少差異。估計木材之性質時，應注意下列數事：即辨別木材之究屬某種 (species)，某亞種 (variety)，考定其生長年數，及生長速度，察看試驗樣品取自樹之孰一部分，查驗所含水分如何，檢點試驗樣品及供用木料之有無疵病。

重量 樹木之比重，在用木作建築材料時，間有當注意及之者，又乾燥木材之比重，亦略足以表示其強度，其收縮度，分別數種性質。樹木每方英尺之重量，多在二五至六〇磅之間，然有較此為輕，或重者。木材中水分能使每方英尺重量增加甚多。

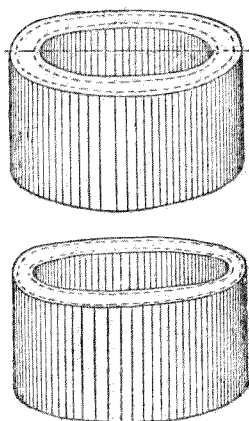
含水量 尋常乾燥木料中，含水量約十五%，隨溫度及氣候而復有差異。

普通所稱乾材，含水量常可至八%之多，而青材及溼材，含水量則在三〇%以上。欲得完全乾燥之木材，在實際上為不可能之事。木材置在烘乾爐內，保持攝氏溫度一〇〇度之溫度，歷二十四小時，而其重量之減少，不及〇・五%者，即可稱為乾燥之木材。

木材所含水分，對於強度之影響極大，或者為別項與強有關之事物所不及。考木材之強度及其重量，大部分與剖面中每單位面積所含有之纖維數目成比例，纖維愈多，木材愈沉重強固。木材吸收水分，則使纖維膨脹加粗，因之每單位剖面中之纖維數減少，而木材變弱。且細胞受水分之影響，其堅固亦遜於前。例如美國南部所產松木，自初經砍伐時（含水量約三三%）以至乾燥時（含水量約一〇%），其平均強度，隨水分之減少而增加，相差有七五%之多。

木材強度隨其含水量之增加而減少，直至細胞膜含水飽滿為止。在多種樹木，此限度約在含水量為二〇至三五%之間。過此以往，水分再增加，祇填充木質間隙處，而細胞膜不再腫脹，故於強度，更無何等影響。

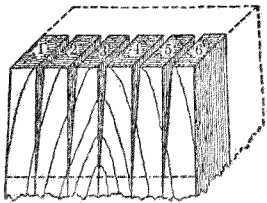
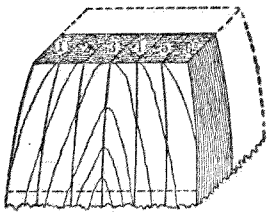
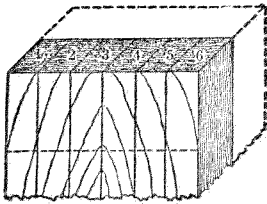
收縮 一短段之木質纖維，當乾燥時，起收縮；纖維之壁，如第四十七圖所示，較前大為減薄，中間之空隙增加，但其長度，仍無多變動。纖維之



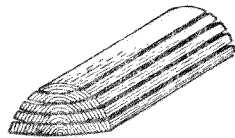
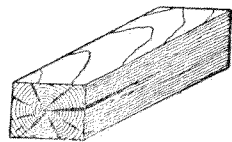
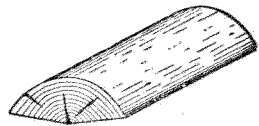
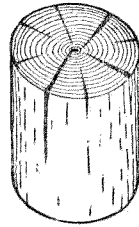
上為厚壁纖維 下為薄壁纖維
第四十七圖 木質纖維之收縮

壁愈厚，收縮愈多。木材之此種纖維，多係與樹身之長度平行，故在木材乾燥時，長度之變動甚少。在橫剖面上之收縮，以與髓線成正交方向者，較成平行方向者為多；此因髓線本身係依剖面收縮，而非依長度收縮故也。是以木料

中最大之收縮，係在與年輪相切之方向；較小之收縮，係在沿年輪半徑之方向；而在樹身長度的方向，則收縮不甚顯著。如第四十八圖所示，樹木之收縮，多寡不等。愈硬木材之結構愈密實，其細胞之



成生之縫裂材木 圖九十四第



果結之縮收材木 圖八十四第

壁愈厚，故收縮愈多。

依輻鋸法鋸解之

木料，常較用平鋸法鋸

解之木料收縮為少，而

在乾燥時之裂縫如第

四十九圖亦較少。兼用

輻鋸與平鋸兩法，則使木

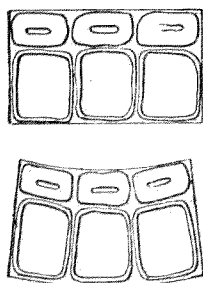
料收縮不勻，而生扭振之

表面如第五十圖所示。

薄板之收縮如不勻，

則起扭振。此或由於一面

之纖維乾燥，較別一面之



厚壁纖維材木 圖十五第
振扭生故勻不縮收同不薄

一英尺者。

木材之縱向收縮，常不及千分之一。木材體積之變化，大部分由於與年輪相切及沿年輪直徑兩方向之收縮所致，而因兩方向收縮約略相等，故若以百分率計體積收縮，則約為下表所列數目之兩倍。下表所列，乃木料寬度收縮之平均百分率。

第三十二表 木料寬度之收縮

樹木種類

輕質針葉樹（軟松，針樅，柏）

收縮百分率

三

纖維為速，或由於乾燥之不勻，或由於鋸解之結果，使其數種方向之收縮，較別種方向為大，或由於木料之性質使然。與收縮相反者，則為木料受溼氣而膨脹。在建築時必須留有膨脹之餘地，如用木塊鋪砌街道時所留之膨脹接縫（expansion joint），是用木塊砌成寬六十英尺之街道，受熱膨脹有多至

重質針葉樹（硬松，落葉松）

四

皂莢，老橡樹

四

榆，胡桃，白楊，槭，山毛櫸

五

樺木，栗，青山毛櫸

六

美洲胡桃，橡樹之幼者

可大至一〇

色 木色足為分別木材種類之助。新生之木，多幾如無色，於數年之後變成黃色；而邊材變為心材，則色常加深，故木色復能為分別心材與邊材之助。心材之色，有全部均勻者，有內外變化者，而其深淺，則視木材種類及生長之情形而異。深色常由樹脂（resin），着色劑（pigment），單寧質（tannin）等滲入心材而起。凡木質露置於空氣中，或浸沒於水中，經歷長短時間，則色常加暗。故自然之木色，僅在新鋸之木中見之。

味 木材各有其特具之氣味，但間有不能立時辨別者。此種氣味，係由木質中夾雜之化合物所致，而在心材中常較在液材中為顯著。各種類樹木之氣味，隨其為生溼木（green wood），陳置

木 (seasoned wood) 或腐朽木 (decaying wood) 而異，故可為辨別木質類之助。有數種木質，於陳置後，則失其氣味之大半。

膨脹係數 木材之膨脹係數，與纖維平行者在攝氏溫度計二與一六度之時間，為每一度自
○・○○○○○一四至○・○○○○○三四。

木料之疵病 美國材料試驗委員會，曾就木料之疵病，分別其種類，如下所述。

(1) 實節 (sound knot) 逢節處木材，表面充實，而木節與周圍之木同硬者，其節為實節。其色可紅可黑，其地位固定不動。

(2) 虛節 (loose knot) 木節之地位鬆動者，為虛節。

(3) 髓節 (pith knot) 為實節之具有髓孔，而髓孔居在中心，直徑不逾四分之一英寸者。

(4) 隱節 (encased knot) 為木節全部或一部分受樹皮或樹髓包圍者。如包圍之處兩邊寬不逾八分之一英寸，亦不逾節周之一半者，其節可視作實節。

(5) 朽節 (rotten knot) 為節之不及所存之木堅實者。

(6) 針節 (pin knot) 爲實節直徑不逾半英寸者。

(7) 標準節 (standard knot) 爲實節直徑不逾一英寸半者。

(8) 大節 (large knot) 爲實節直徑逾一英寸半者。

(9) 圓節 (round knot) 爲節之作卵形或圓形者。

(10) 縱節 (spike knot) 爲節之依其長度剖解者。

(11) 缺木 (wane) 爲木料邊側缺少木質或僅有樹皮者。

(12) 樹脂孔 (pitch pocket) 爲木紋理之孔隙，含有或多或少之樹脂者。分爲小樹脂孔，標準樹脂孔，及大樹脂孔三種。標準樹脂孔爲寬不逾八分之三英寸而長不逾三英寸者。小樹脂孔爲寬不逾八分之一英寸者。大樹脂孔爲寬逾八分之三英寸，或長逾三英寸者。

(13) 樹脂條 (pitch streak) 爲在木料一點積聚樹脂質甚多之謂。如樹脂質雖積聚，但不著明，或紋理間纖維不飽含樹脂質者，皆不足視爲疵病。

(14) 裂縫 (strake) 爲木料分裂而生之間隙，常使木質沿年輪而析分。

(15) 環縫 (ring strake) 為年輪間之裂縫。

(16) 通縫 (thrush strake) 為貫通木料兩面之縫。

(17) 朽壞 (rot) 及

(18) 紅心 (red heart) 為生白色或紅色朽壞點，或為起良好木質中所不見之深紅色點，俱是木質敗壞之象，應視為木料之疵病。

擠壓強度 木材在構造工程上之用途，大都為承受擠壓力，故其擠壓強度，極關重要。

木材受與紋理平行之擠壓力者，其衆纖維之作用，有如結束在一起之若干空心支柱然。其敗壞係由纖維彎折，而與相鄰之纖維脫離所致。木質之密度，纖維之勁度及連續性，纖維間之附着性，陳置情形，含水量，紋理之斜正，及木料之疵病等，對於與紋理平行之擠壓強度，俱有影響。

木料受與紋理平行方向之擠壓力時之彈性限度，常約為極限強度之六〇至七五%。

木材受與紋理垂直之擠壓力而敗壞時，係由纖維壓扁所致。關於此項之強度，大部分隨木質密度而異，但別種事物之變化，亦不無影響。

木材之擠壓強度，與紋理垂直者，約為與紋理平行者之六分之一至四分之一。

牽引強度 木材之牽引強度，非關重要，僅在橫撓試驗中須計及之。在建築中，木材罕有承受全屬牽引之力者，因在末端繫定之處，難於規畫適當也。

木材受與紋理垂直方向之牽引力而敗壞者，係由木質纖維縱裂所致。木材與紋理垂直方向之強度，僅為與紋理平行方向之強度之一小部分，約在十分之一至十三分之一之間。

木材受與紋理平行方向之牽引力而敗壞者，係由木質纖維橫裂或斜裂所致。木節，斜紋理，髓線，及他種疵病，俱使木料之牽引強度減弱。

木材在受與紋理平行方向之牽引力時之彈性限度，常約為極限強度之六〇至七五%。

剪割強度 木材之剪割強度，有時頗關重要，尤以在木梁中者為甚。木材與紋理垂直之剪割強度，約為與紋理平行者之四倍至十倍。溼材之剪割強度，較乾材為小，而木節裂垢等疵病，俱足使剪割強度減小。木材與紋理平行之剪割強度甚小，視木質纖維間之附着力，木材紋理為直為偏，及髓線之有無等而定。與木材纖維垂直之剪割強度，約為與纖維平行者之一半。

橫撓強度 木材在構造工程中，用爲梁者甚多，故木材之橫撓強度，頗關重要。

木材之橫撓強度，大部分隨其擠壓，牽引及剪割諸強度而異。故凡足以影響此種強度之事物，對於橫撓強度，亦有影響。

木梁之敗壞，幾常由不勝擠壓開端，然類多以不勝牽引而斷裂爲結局，尤以梁之比較長薄者及在受牽引方面有疵病者爲甚。木梁之敗壞，由於平面剪割所致者亦不少，尤以比較短而厚者爲甚。

木梁之載重，若超過其彈性限度，且常存而不移去，將使梁終不免於敗壞。木材在橫撓中之彈性限度，乃一不定之量，其量約與在擠壓中之彈性限度相同，而約爲極限強度之六六至七五%。

木梁之勁度，爲其抵抗橫撓載重，而不生大量低垂之能力。木材在橫撓中之彈性係數，可視作勁度高低之表示。直紋理木材，較之多節或斜紋理木材之勁度爲高，而乾材之勁度約爲青材或溼材勁度之一倍半。普通言之，木質愈重，則愈強固愈勁挺。

安全係數及安全實用載重 木材之安全率及安全實用應力，視應力之種類，載重之種類，及

工程師之決斷而定。在設計時，應僅取製成木料之淨剖面面積計之。

下列對於各種遞變載重之安全率，可視為適當者：牽引用一〇，與紋理平行之擠壓用五，與紋理垂直之擠壓用二至二·五，橫撓之最外纖維應用六，橫撓中彈性率用二，剪割用四。

對於固定載重，可取上述安全率減去三三%，即將單位實用應用增加五〇%。木材之含有大節或鬆節者，用此種安全率則嫌過小。

對於固定之重大載量，對於正反應力 (reversal stress) 之載重，及對於舊木料之尙見堅實者，所取容許之單位應力，並祇可等於通用數之八〇%，或即取對於遞變載重安全率所算得用之。各種性質總表 下頁之表所載者，為含水量在一五至二〇%間之木料之各種性質。此種木料即係市中出售備用之乾燥木料。若取小件樣品或取特別優良樣品試驗，其強度可較表中列出者加多五〇%或六〇%不等。取特別惡劣之樣品，如含有木節等者試驗之，則強度可較表中所列者為小，而青材或含水量多之溼材，亦復如此。

欲求實用應力，可視載重種類，取一適當之安全率，除表中所列之極限強度，即得之。

硬度 木料硬度，常以鋼球置在木面受壓下陷之深淺計之。與紋理垂直之剪割強度，對於硬度有重大影響。木材比重大者之硬度較之比重小者為大。陳置作用，能使硬度增加，而含水量加多，則使硬度減小。

韌度 強固之木材，受撓曲而不折斷，能抵抗震動打擊者，是為具有充分之韌度。檢定木材韌度，常行衝擊試驗，測定破壞時所需之功以計之。木材之能抵抗高度之牽引力，及與紋理平行之剪割力，且能在牽引及擠壓中忍受三%以上之變形者，常為具有高度韌性。

受劈性 木材被斧刃分劈時有難有易，此即其受劈性 (cleavability) 強弱之表示。彈性較大之木材，分劈較易；而硬度較大及橫向牽引強度較大者，則分劈較難。

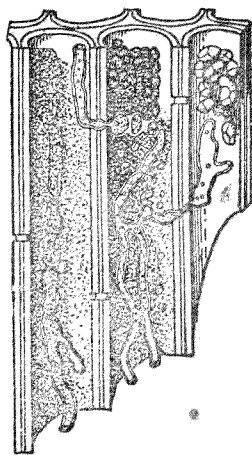
木材在與紋理平行之面，易於分劈，如更依樹身直徑行之，尤屬使利。木材有木節及斜紋理等疵病者，以及含水量大者，則分劈加難。

撓性 木材能被撓曲而不折斷之性，謂之撓性 (flexibility)。硬度較大之木材，撓性較大。木材含水量增加，則趨於柔弱，而撓性亦加大。木節及別種疵病，均使撓性減小。

第四節 木材之敗壞及保存

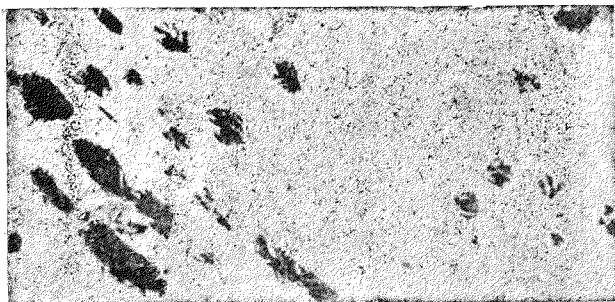
木材之敗壞 木材耐用年限之多寡，隨其砍伐、陳置，及使用之情形而異。樹木自生長以至作成材料，無時不受侵蝕作用，或由動物致之，或由植物致之。砍伐樹木，應在其生長細胞及輸液細胞之作用減弱或停息時行之。樹木經過陳置，則樹液及侵入樹中之水分散去，故其耐用年限加長。在構造工程中，應力圖將木料保護，使不受侵蝕而朽壞。

能引起木料朽壞之事物有種種，即（一）乾燥與潮溼相間，（二）空氣悶熱，（三）細菌



第五十一圖 菌絲侵入木質細胞

(bacteria) 及菌類 (fungi) 及（四）昆蟲及蛀蟲。木料曾經充分陳置者，且用於空氣流通乾溼有定度之處者，能經多年不朽壞。木料常時浸沒在水中者，僅變成軟弱，亦不至朽壞。乾燥及流通之空氣最能防止木材之朽壞。木材之保持乾燥者，雖終不免於轉成脆弱，

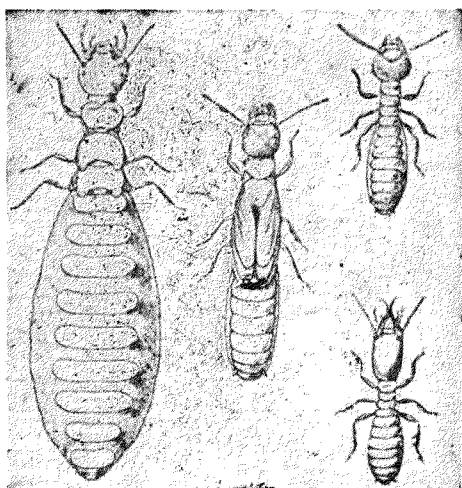


圖二十五 受菌類侵蝕以致腐朽之木材之剖面

然常能歷時數百年。是以在建築工程中，木材之安置，如不在乾燥通氣之處，即應全浸沒在水中。置在乾處之木材，應防有水浸入接榫之中，而重要之構造木材，應有充分之保護，使勿受氣候變化之影響，是為至要。

乾朽 木材乾朽之直接原因，係由某種菌類在木材微溼時浸入其中，如第五十一圖所示，引起木質之醱酵分解。是項下等有機體分泌酵質，溶解木質細胞之壁膜，而使木材朽爛。如第五十二圖所示。如木材受熱受溼且其處空氣不流通，則此種菌類之生長加盛。是以在通氣不利之地，如樓板地板嵌入牆壁之處，如工廠木柱之中心，俱極易見乾朽。未曾陳置之木材，朽壞尤速。

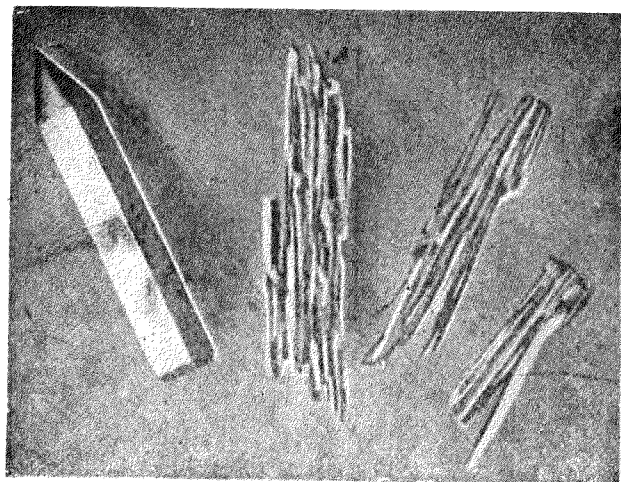
木材在乾朽處，可見其腫脹變色，漸見腐爛，發生霉味，有時



白蟻 圖 三 十 五 第

木材表面起帶紅色或黃色之斑點，而木質纖維化爲粉末。乾朽頗爲危險，因不僅起始朽爛之木材毀壞，且能延及鄰近木材。乾朽既起，難於阻止，惟有將所有菌類撲滅，而於木材施行除毒方法而已。

溼朽 木材之起溼朽，僅於其置在溼處者，或時乾時溼者見之。如木材曾經充分陳置且不容其再吸收溼氣者，即不生此弊。蓋溼朽之原因，乃在所吸之水分溶解邊材中細胞壁膜之故。溼朽必須接觸始蔓延。木材之在春季及早秋砍伐者，易蒙此害。補救之法，在將所有已朽之木質除去，且使其餘



圖四十五第 白蟻侵蝕木材
左圖乃木條受白蟻侵蝕之後其形狀原形與右圖者相似

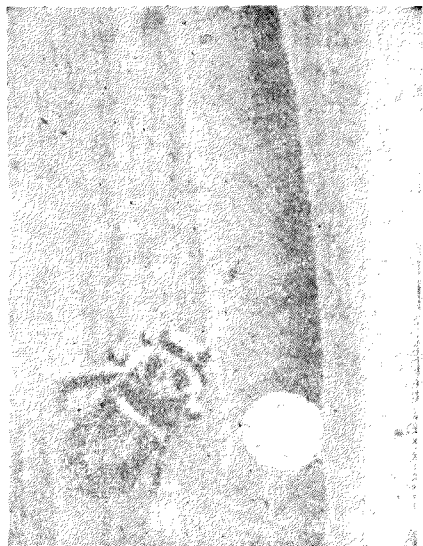
木質，常保乾燥，并能通氣也。

害木之昆蟲 多種昆蟲之幼蟲能傷害木材。如第五十三圖至五十八圖所示。某數種傷害生長之樹木，而別數種傷害伐後之樹木，及鋸成之木材。

木中蛀蝕成孔，則木質纖維截斷，木材之淨剖面減少，而強度亦隨之降低矣。

水中亦有數種蛀木之蟲，對於木樁及船舶所加傷害，有極難防免者。

防腐法總論 木材耐用之年齡，可藉充分之除液作用而略為延長。然此法不若防腐 (Preservation) 法之佳。防腐法係將

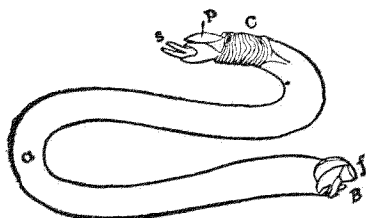


孔穿上柱木在蜂木嘴 圖五十五第

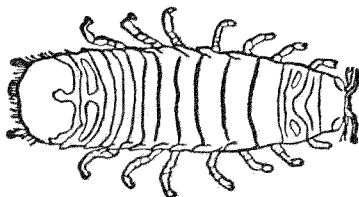
幾種物質注射於木質中，此種物質對於木材無顯著之損害，然如菌類蟲類等之能侵蝕木質者，則受其毒而滅絕。防腐劑之最常用者，為幾阿蘇油 (creosote) 及氫化鋅。

注射防腐劑入木材中之通用方法有三：第一為加壓法 (pressure process)，係用強壓唧筒 (force pump)，空氣壓縮機 (air compressor) 等以求得所需之壓力。在實際上，所有特別防腐方法，俱屬此種。

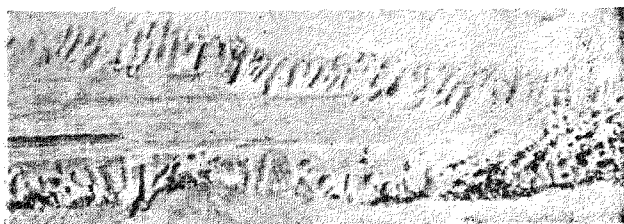
第二為無壓法 (non pressure)



蟲船鑿 圖六十五第



蟲船蝕 圖七十五第



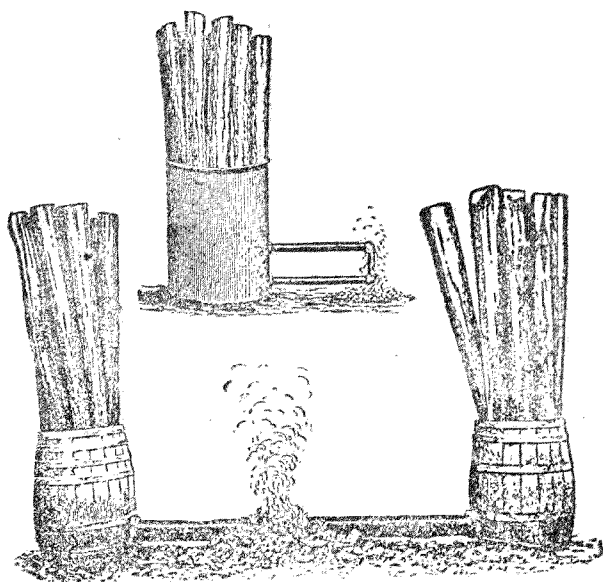
狀形之蝕侵蟲船蝕受材木 圖八十五第

process) 於普通大氣壓力外，不更增加壓力。其一式係取曾經充分除液之木材，浸於熱防腐液中，歷一至六小時而急取送入冷液中。此一變化使木材內之空氣及水分收縮，而防腐液因得竄入木材組織中。別一式係先將木材在一爐中烘熱，然後猝然浸入冷防腐液中，其意正相同。

第三為塗刷法 (Brush Process)，係取防腐液用刷塗布一層或數層於木材表面。埋入地內之木，先用煤膏塗刷，即其例也。

加壓法似不免微損木材之強度，但別二法，諒屬無害。然如所用防腐液過於濃厚，則或發生作用，而使木質改變。將木材置於蒸汽中時，如壓力過高，或歷時過長，則使木材脆弱。壓力及時間之限度，約略如下：壓力為每方英寸四〇磅者，可歷三小時；壓力每方英寸為三〇磅者，可歷四小時；壓力為每方英寸二〇磅者，可歷五小時。

幾阿蘇油法 在所有木材防腐劑中，實驗上常推幾阿蘇油為最佳。此物尤以對於水中蝕木之蟲為有大效。惟在用於室內裝修之木料，則不適用。前述三種，使用防腐劑方法，對於幾阿蘇油均屬可行，但以加壓法為最佳。

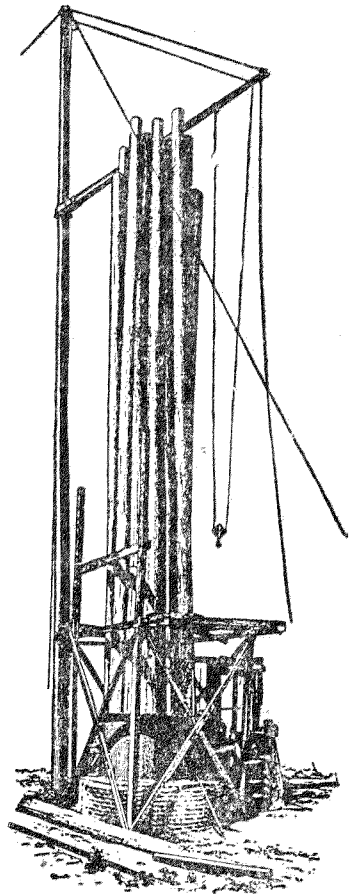


第 五 十 九 圖 木 柱 浸 入 幾 阿 蘇 油

(1) 用無壓法時，係將木料浸入幾阿蘇油中，經歷數日，取出用之。因油之透入木質者不深，故此法未足稱為完全滿意。

一七〇

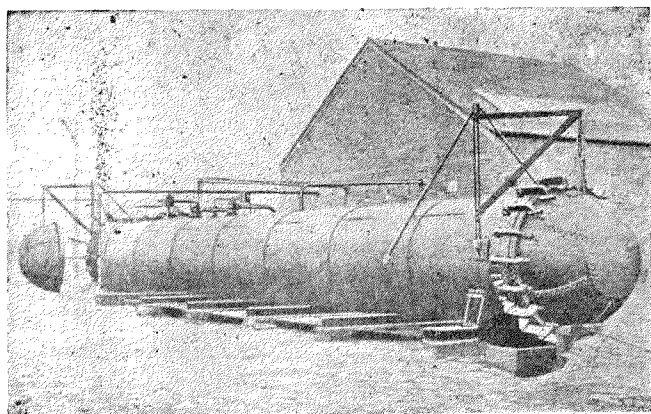
(2) 伯特利氏用幾阿蘇油法 (Bethell process of creosoting) 當屬最重要之法。其要略如下述：先置木材於大圓筒內；如第五十九圖及六十圖所示。次送入蒸汽以熱之，歷數小時，務求透澈，以使樹液蒸發散去；復次，用唧筒吸去樹液及蒸氣，造成真空，然後乃將幾阿蘇油充入筒



部根木料電製浸中鍋口置在 圖十六第

中至滿，熱之至攝氏溫度計上六五度，保持每方英寸一八〇磅之氣壓。所需油量，約為每立方英尺木材用油六磅。浸製時間約為二四小時。如浸製者為青材則每立尺英尺木料用油一二至一八磅。

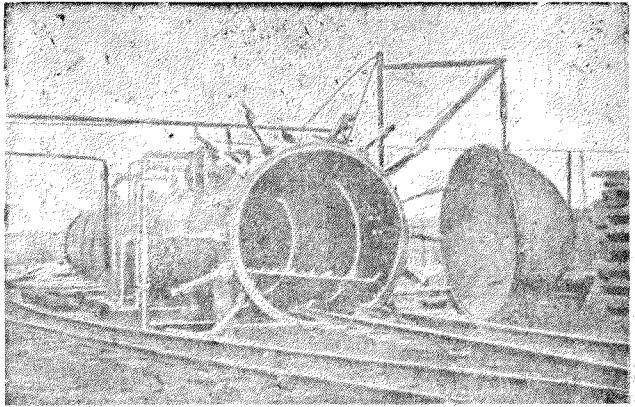
(3) 西利氏用幾阿蘇油法 (Seeley's process of creosoting) 為取上法加以變通者。木材浸在幾阿蘇油中，保持攝氏溫度計上一〇〇至一五〇度之溫度，經歷之時間以足除去木質所含水分為度。後乃將熱油洩去，而送入冷油。吸收油量，約為每立尺英尺木材需油四磅。



筒 裝 蓋 筒
筒木浸油蘇阿幾圖一十六第

(4) 布藍特氏用幾阿蘇油法 (Brent's process of creosoting) 係將木材置入直立圓筒中，如第六十一圖至六十三圖所示，其中注入幾阿蘇油，幾至筒頂封閉之後，用唧筒吸去筒中空氣，使壓力甚低，後乃改變作法，壓入幾阿蘇油，直至壓力約有十氣壓始止。所需浸透時間，約為六小時。

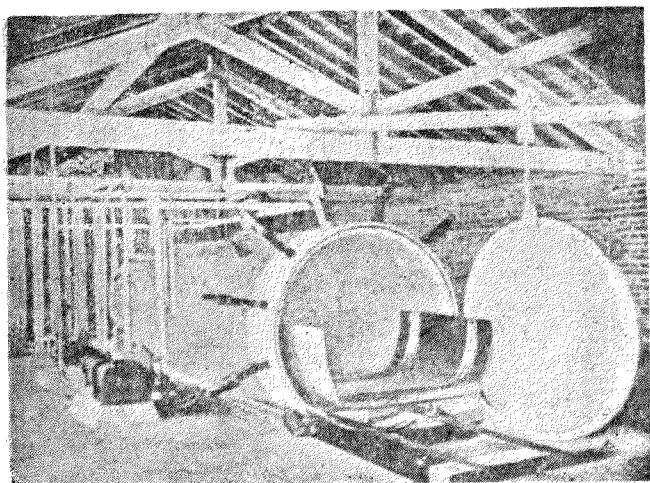
(5) 用幾阿蘇油煮沸法 (Boiling process of creosoting) 宜於答格刺斯杉，係將木材置入盛幾阿蘇油之圓筒中，溫度微較攝氏溫度計上一〇〇度為高，其浸置時間，自數小時至二日不等。於是提高壓力至每方英寸約一二〇磅，將油壓入木質中，而溫度則漸減低。



開 拆 蓋 筒
筒 木 浸 油 蘇 阿 幾 圖 二 十 六 第

(6) 律普氏用幾阿蘇油法 (Eueping process of creosoting) 係將木材在空氣中先行乾燥後，乃置入筩內，而將筩密封。於是將空氣壓入筩內，壓力為每方英寸七五磅，次將幾阿蘇油壓入筩內，壓力為每方英寸八五磅，以後提高壓力至每方英寸一五〇磅以上，使油質入木透澈。追加壓時間已足，乃將壓力降低，並造成部分真空，則木中所含擠壓空氣逼出油質之大部分，僅餘少許之油粘附於細胞膜壁上。用此法時，油質之浸透，入木甚深，而其吸收量少，無多耗費。

(7) 勞立氏用幾阿蘇油法 (Lowry process of creosoting) 與律普氏法相似，惟於壓幾阿蘇油入



圖三十六第 幾阿蘇油浸木筒車載木

箱之先，不將擠壓空氣送入耳。

氰化鋅法

(1) 木材防腐用氰化鋅法中，以柏涅特法 (Barnett process) 為最重要。其重要略如下述：先將木材置入密封之箱中；次將空氣抽去，使氣壓降低至與二〇英寸汞柱之壓力相當；復次，送入蒸汽，壓力約為每方英寸二五磅，歷四小時；復次將蒸汽抽去，再將氣壓降低；復次，灌入氰化鋅溶液，溫度為攝氏溫度計上六五度，而壓力為每方英寸一三五磅。所需防腐液量，約為每立方英尺木材，用氰化鋅半磅。需時約為十小時。

(2) 卡德氏法 (Card Process) 步驟與伯特利法相似，係用三至五%之氯化鋅溶液，和以〇五至二〇%之幾阿蘇油。此兩種防腐劑，不能自行混和，故用唧機壓送，使其攪雜勻齊。

第五節 木材之選擇及檢查

選擇 當選擇木材，以供某種用途時，應使所選之材料，最能適合所需。

構架用木材，應選擇價廉易得而能有大料者。有時須格外求強固耐用。

埋於地中之木材，無論全部掩覆，或僅一部入土，以及作樁之木材，選擇時應以耐用性為主，但有時亦不能不計及價值。

用於水中之木材，無論全部淹沒，或僅一部入水，如在水底打樁，或造埠頭等用者，選擇時應以耐用性為主，尤當注意其抵抗水中蟲類齧蝕能力之大小。

用於顯露在外方之木料，應選擇易於鉋削且無扭振裂縫等病者，并須求其能耐受氣候變化之影響者。

用於樓板地板之木料，選擇時應以抵抗磨蝕之性為主，有時并須顧及其美觀。

用於室內裝修之木料，選擇時應注意於顏色、紋理、受匏削之程度、受磨光之程度等。

檢查 木料之檢查，在定全部之品質與分件之尺度。凡剔出之件，應用漆筆或烙印作記。有時對於大件木材，凡認為合用者，亦用漆筆或烙印作記，惟其記號與剔出之件所用者不同。

強固耐用之木材，具有下列之特點。

強固耐用之木材，係取自生長緩慢之樹木，故其年輪薄而密。

優良之木材，係取自樹之中心，應不帶有邊材。

木材之間隙中含有樹脂或樹液最少者，為最耐用。

木材之形式須齊整，紋理須平直，大節、死節、裂縫等疵病，須一概無有。

新鋸解之木材，帶有甜香。當匏平時，則見其鮮明整齊而有絲光。

木材表面，應絕不起毛，當鋸解時，應無鋸齒為木屑塞住之現象。

凡顏色頗深之木材，在顏色轉深暗時，常可知其堅固耐用。

堅固之木材，在一端輕擊或微抓時，置耳於別一端，可聞聲甚清晰，雖在木材長至五〇英尺時

猶然。

堅固之木材，被擊時發清脆之聲，而敗壞之木材，則發滯鈍之聲。

木材具滯鈍似土之氣色，且發可惡之臭味者，定非良材。

木材之乾朽者，常可自外觀辨認，設或不見痕跡，可鑽孔而檢查木屑之形色與氣味以知之。凡木材具有多節，裂縫，髓孔，未曾去皮，過量液材等項疵病，爲規範所不許者，均宜剔出。木材之長度，寬度，厚度，均應量定，以驗其尺度適合與否。

第九章 雜色材料

粉漆 (paint), 油 (oil), 及膠漆 (varnish)。粉漆係由一種底劑 (base), 一種黏合劑 (vehicle) 或 binder, 及一種熔解劑 (solvent) 組成。多種粉漆并加有着色劑 (stain) 及乾燥劑 (drier)。粉漆之底劑常爲白鉛粉 (white lead) 或鋅白粉 (zinc white), 但有時用紅鉛粉 (red lead), 氯化鐵 (iron oxide), 石墨 (graphite) 等。白鉛粉爲碳酸鉛 (lead carbonate) 及氯化鉛 (lead hydrate)。碳酸鉛使粉漆具體, 而氯化鉛予粉漆以黏合性。白鉛粉對於亞麻子油 (linseed oil) 爲良好之乾燥劑, 故所需加入之別種乾燥劑甚少。鋅白粉即氯化鋅。此物較白鉛粉爲明亮, 但不及其耐用。白鉛粉三層等於鋅白粉五層。紅鉛粉爲二氯化鉛。此物施於新木料鐵料, 作首層粉漆, 結果良好; 能防止鐵鏽, 免除磨蝕; 而對於亞麻子油, 亦爲良好之乾燥劑。氯化鐵價值低廉, 效用亦著, 但不能如白鉛粉及鋅白粉之優。石墨不透光, 其遮覆之能力頗強。

常用之黏合劑爲胡麻子油。生亞麻子油 (raw linseed oil) 係採取亞麻之種子製成。熟亞麻

子油 (boiled linseed oil) 係將生亞麻子油單獨熱成，或加入乾燥劑少許。熟亞麻子油需乾燥時，間僅為生亞麻子油之一半，故熟亞麻子油多用於外部工作而生亞麻子油多用於內部工作。亞麻子油常攙雜入棉花子油 (cottonseed oil)、松香油 (resin oil)、苧麻油 (hemp oil)、礦質油 (mineral oil)、或魚油 (fish oil) 等。魚油及棉花子油用本品 (benzine) 油調理過者，有時作亞麻子油之代用品。

松節油 (spirit of turpentine) 為最良之溶解劑。此油中常攙雜有礦質油。本品油及那普塔 (naphtha) 油有時作松節油之代用品。

着色劑 (pigment) 用以使具白色底劑之粉漆有彩色。最常用之着色劑如下所列：黑色為煙煤 (soot) 及黑炭粉 (charcoal black)、紅色為威尼斯紅粉 (Venetian red) 及紅鉛粉；櫻色為煨赭土 (burned umber) 及生黃土 (raw sienna) 及煨黃土 (burned sienna)、綠色為鉻綠粉 (chrome green)、青色為普魯士青粉 (Prussian blue) 或羣青粉 (ultramarine blue)。用此種着色劑依各種成分混和，則任何深淺顏色俱可製成。

乾燥劑爲鉛化合物，或爲錳化合物，或爲兩者之混和物，乃溶解於油質中者。此種化合物之功用，爲攜帶氮質，以令亞麻子油之氧化及膠固之作用加速。多種粉漆，僅能和用乾燥劑少許，而而在調成粉漆 (ready mixed paint) 及膠漆則不能用之。

地瀝青漆 (asphalt paints)，係將地瀝青 (bitumen) 溶解於白蠟質 (paraffin)，石油 (petroleum)，本品油及那普塔油中而成。此種之漆用以保護鋼鐵，使不生銹。

膠漆係將樹膠 (gum) 或松香 (resin) 溶解於油，松節油，或油精中而成。常用亞麻子油與化石松香 (fossil resin) 混和，而加入松節油以調薄之。當膠漆於乾燥時，則留存平滑堅固透明之樹膠一層，即成漆面。

使用粉漆或膠漆之目的在於材料之表面上造成不透水層，以免空氣及溼氣之侵入，且使材料表面之顏色與容貌兩俱美麗也。

石棉 石棉 (asbestos) 之成分，主體爲氯化鎂與矽酸之化合物，此外含有水分若干。色白而具纖維質。纖維或硬或軟，視含水量之量而異，含水約在一一·五%以下者，爲硬纖維，而約在一四%

以上者爲軟纖維。將石棉加熱，除去其水，則使纖維極脆弱而易破碎。

分析石棉之結果，約如下述：氯化矽，四〇至四一%；氯化鎂，四一至四四%；氯化鐵，一至三%；氯化鋁，一至三%；水，一·五至一四·五%。

石棉之傳熱率 (thermal conductivity) 約爲〇·〇〇〇二。

石棉用於阻熱之傳導，例如包裹汽管，作避火幔等。出售之石棉，有作原來之纖維狀者，有製成板者，有製成布者，有製成圓筒狀者等等。石棉纖維可混和成爲漿糊，而塗於汽管等之外面。

玻璃 尋常玻璃係取沙或氯化矽與氯化鈣，氫氯化鉀，氫氯化鈉，或氯化鉛混合熔融而成。製造之法，極爲複雜。

玻璃之質硬而脆，具高度之彈性，半透明或透明，無色或有色，斷口成圓狀，對於電之抵抗甚高。普通玻璃之牽引強度每方英寸自二〇〇〇至三〇〇〇磅；其擠壓強度每方英寸自六〇〇

〇至一〇〇〇〇磅；其橫撓強度（折斷係數）每方英寸自三〇〇〇至四〇〇〇磅；在橫撓中之彈性係數每方寸自一〇、〇〇〇、〇〇〇〇至一一、〇〇〇、〇〇〇〇磅。玻璃之比重自二·四

至四·五，而常在二·五至二·七五之間，即每立方英尺重自一五六至一七二磅。

玻璃片常按其厚度分爲『單堅』(single strength)、『雙堅』(double strength)等；其厚度常自十六分之一至二分之一英寸。

玻璃之用甚廣，如裝於門窗，作爲隔電之器，造鏡，造瓶盤，器皿，供裝飾等。

金屬絲玻璃 (wire glass) 係玻璃之內方含有金屬絲網者。金屬絲網係用金屬絲編成，使玻璃增加堅固，遇玻璃被火焚或打擊而破裂時，則防止其完全崩壞。

膠 普通之膠係質地不純淨之動物性膠，由獸骨獸皮魚類熬製而成，故有骨膠 (bone glue)，皮膠 (skin glue)，魚膠 (fish glue) 之稱。良好之膠應無有雜質污屑，具均勻之淡棕黃色，照之透明，切口成玻璃狀。膠塊浸入冷水中，化軟而膨脹，但不溶解，乾後復其本性。膠質在熱水中溶解成爲稀薄之液體。

各種膠質之附着性，強弱大不相同。膠液愈熱，則粘合愈緊。重行融化之膠不及新融成者爲佳，而新製之膠則不及陳置時長者爲佳。木面用膠粘，其最後之附着強度，在木面與木紋橫交者，每

方英寸自一〇〇〇至二〇〇〇磅，在木面與木紋平行者，每方英寸自三五〇至一〇〇〇磅，視木材種類，膠之品質，及人工精粗等而異。

膠之用途為將兩種材料之表面接合，如在木材接榫中即常用之。接合之材料不同，接合之情形不同，用膠須各適其宜，故製造之膠有種種。

橡皮 橡皮之原料，為幾種熱帶樹木外皮中之樹液。於樹皮穿孔，則樹液流出，用桶收取，加熱，和入化學藥品，施以調製，則起凝結。此凝結物用煙熏之，遂得生橡皮 (crude rubber)。取生橡皮洗滌切碎，和入硫質及別種物料，而軋成板片或壓成種種形式，然後加熱加壓以使其起合硫作用 (vulcanization)。

加入橡皮中之硫，分量自七至三〇%不等，視所需之硬度而異。工程中所用橡皮多含有一五至三〇%之硫。硫質並能使橡皮受熱難軟，受冷難硬。

合硫橡皮之比重，常取之以為其品質優劣之指數，但常難準確。最佳之合硫橡皮，比重常在一以下。

優等橡皮在受牽引力時之應力變形曲線，甚覺奇異。約在最後強度之三〇%以內，伸度隨載重之增加而增加，過三〇%以上，先見伸度略成固定，以後伸度隨載重之增加而減小。橡皮罕有顯明之永遠固定 (permanent set)，雖伸長至極近於最後牽引強度時始去其力，尚能復原。橡皮之最後牽引強度，每方英寸自二〇〇至二〇〇〇磅，隨其品質而異。

良好橡皮極為柔順，應能伸長至原長之五至八倍而不斷裂，視所含金屬氯化物分量之多寡而異其伸長之量。良好橡皮拉斷後，立時量其永遠伸度，常少於其原長之一二%。

如使橡皮受循環之張弛，緩緩加力，緩緩去力，則應力變形曲線上顯有失能之象。當橡皮受力時所施之機械能，在移去其力時，不全恢復為機械能，乃有一部分變為熱能而散失。加力去力之愈速，則機械能之失去愈多。

橡皮除極剛硬者外，因其至為柔軟，故在擠壓中並無顯明之最後擠壓強度。良好橡皮之應力變形曲線，向上微凸。當試驗樣品被擠壓至約原長之一半時，單位應力每方英寸自四〇〇至一〇〇〇磅，隨其品質及硬度而異。

良好合硫橡皮，在受冷時，應不顯著變硬。

橡皮之融解點約爲華氏溫度計三七五度。

稀薄酸類，稀薄鹼類，及水，對於橡皮之影響甚微。

油類使橡皮變脆，而減少其耐用之歲月。

合硫橡皮經歷歲月，則變硬而脆，漸失其能受牽引之性，如其中含有金屬之氯化物（如白鎘或氯化鋅）之量愈多，則其變化愈著。

橡皮之用甚廣，如機器之引帶（Belting），隔電之材料，板之蓋層，車輪之實套，或空套，化妝用品，直線尺及刻度尺，服裝用品，橡皮條帶，楷字橡皮，軟水管等等皆用之。

革（Leather）爲取獸皮用化學方法及機械方法處理製成之不腐物質。

依製造方法，革之分類如下：

一、用單寧質（tannin）或單寧酸（tannic acid）與獸皮相化合而成之革。

二、用鹽物鹽裝成之革。

三、用油或脂處理獸皮，其分解而生之物質，實為製革之物料，使獸皮不腐。

革之分類，又有依取皮之獸之種類（如牡牛，牝牛，小牝牛，小牛，山羊，綿羊，馬等）者，亦有依產獸之地域者。牡牛革及小牝牛革最佳，而牝牛革及牡牛革次之。

革之性質，隨製造，整理，擦油等方法而異。革之平均牽引強度每方英寸自二、〇〇〇至三、〇〇〇磅。製造優美之革，每立方英尺之重量，約為六二·五磅。

革之用途為製造靴鞋，手套，衣服，引帶，書衣，囊袋，箱籠等。

未曾用藥製造之生皮，如健全者，較之製成之革，強度約為一倍半，而對於衝擊力之抵抗性，亦較製成之革為強。生皮用於紡織機械之關節，杆軸，船舶上之舵索等。

紙 紙可依其用途分為四類，即（一）寫字紙及繪圖紙，（二）印書紙及新聞紙，（三）包裹紙，及（四）編織紙，及捲煙紙。

造紙之程序，分為兩主要部分：（一）原料之處理，其中包括清理，分碎，煮沸，洗滌，漂白，及化漿等項；（二）由紙漿製成能上市出售之紙，其中包括捶打，膠合，着色，整面，裁割等項。

造紙之通用材料爲破布，稻稔，及木材。

構造上所用之紙，大都屬於上述之第三類。普通房屋用紙，爲一種包裹紙，貼於屋頂或牆壁，以令空氣及熱難於傳過。煤膏紙 (tarred paper) 爲紙面上塗有煤膏或用煤膏浸過者，能防溼氣之穿過。有時用印花之裝飾紙，糊於屋中牆壁及天花板，以增加美觀。

帆布 帆布 (canvas) 爲粗重強固之布，由亞麻，大麻，粗麻 (tow)，苧麻 (jute) 或棉花紡織而成。帆布或爲本色，或經漂白，或染別色。通常之色爲白色。

帆布用紗或爲兩股或爲數股，織工或緊或鬆，隨所需定之。帆布之品質，視用紗之股數，織工之鬆緊，布之重量，及其牽引強度而異。帆布之牽引強度，每方英寸自三〇〇〇磅至一〇、〇〇〇磅不等。

帆布用於製袋囊，油布，船帆，帳幕，及引帶等。

引帶 橡皮引帶係先織成長寬合度之帆布帶爲本體，後用合硫橡皮覆被於帆布之面而成。帆布與橡皮合成層數，可有二、三、四層不等，隨傳達之能力而異。橡皮引帶不透水，較之獸革引

帶，其強度爲大，其行動爲平勻正確，其磨阻係數爲高，但當受力過度而滑動時，其所受之損傷加大。橡皮引帶之平均牽引強度，每方英寸自二、二〇〇至三、八〇〇磅不等。

革引帶應用品質最佳製造得法之牝牛革製之。革條應切成四至六英尺長之段約十六分之三英寸厚，然後逐條膠結聯合，以成所需之長度。復依所需之強度而定革條之爲『單堅』或『雙堅』，即將革條重疊釘合膠結爲之。傳力不大者，用單堅引帶，得較強之附着力，而傳力大者，須用雙堅引帶。雖引帶之糙面 (Grain side) 之附着力較強，但對向滑輪者，常爲其滑面 (Flesh side)，以其較難磨損故也。用革引帶作牽引試驗之結果，其單位應力自每方英寸一五〇〇至五、五〇〇磅不等，但平均引帶之強度，或者與較小之數相近。

帆布引帶有時用之，但較良好橡皮引帶或革引帶，則効用爲遜，因其附着力既小而耐用之歲月亦少也。帆布引帶之牽引強度，每方英寸自三、〇〇〇至八、〇〇〇磅不等。

接聯引帶，使得有良好結合，最當注意。引帶多用鉚釘接合，而罕用縫合或膠合。接聯引帶約減少其強度之一半，故引帶之長度，須適如所需，以免改短添長多一接聯之處。

在特別情形中，有用平薄之鋼條，作引帶者。此種引帶最爲強固，僅微有滑動。傳力之效率甚高，行動之速度可甚大，而所需寬度僅爲傳同樣能力之良好革引帶之寬度之五分之一。

熟石膏 石膏乃一種礦物，其成分爲含水硫酸鈣，其純淨者之分子式爲 $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。取石膏加以烘燒，除去其含水之一部分或全部，所得物質，是爲熟石膏。

分類 熟石膏可分類如下。

(一) 烘燒石膏除去其含水一部分所得之熟石膏，其烘製係在華氏表溫度三七四度以下行之。此類分兩種。

(甲) 澆型熟石膏，爲用純淨之石膏製成，且在烘時或烘後不加雜質者。

(乙) 墁牆熟石膏，爲用不純之石膏製成者，或於烘製時加入某種雜質，減緩其遇水硬結之性者。

(二) 烘燒石膏除去其含水之全部，而得之熟石膏，其烘製係在華氏表溫度三七四度以上行之。

(甲) 鋪地熟石膏，爲用純淨石膏烘製而成者。

(乙) 極硬熟石膏，爲將石膏烘至赤熱或赤熱以上之溫度而成，并加入明礬或硼砂等物質者。

烘製之原理 如將純淨之石膏，熱至華氏表溫度二一二度以上，但未逾三七四度時，則除去其原來含水四分之三，而得澆型熟石膏，其分子式爲 $\text{CaSO}_4 + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 。澆型熟石膏遇水，再行化合，在數分鐘內硬結，仍成石膏。

如將石膏熱至華氏表三七四度以上，則全除去所含之水，而得無水硫酸鈣，喪失遇水硬結之性；其失性之深淺程度，視溫度高低，歷時長短，并石膏塊粒粗細而異。

各種熟石膏製造法 澆型熟石膏及墁牆熟石膏之製造法，大略相同，所異在前者用純淨石膏，後者用不純淨石膏。作原料之天產石膏，常含有自微量以至六%之雜質。將石膏石碾成碎塊，磨成細粉，爲製法之第一步；將細粉置於烘罐中烘之，爲製法之第二步。如爲旋轉式烘爐，則俟烘後再行細磨。緩性熟石膏在烘成後，常加入一種緩結劑。

鋪地熟石膏係用成塊石膏在直立式分餾窖中烘製，其窖與製石灰者相似，原料分批加入。烘製溫度常約爲華氏溫度表七五二至九三〇度，需時約三小時。若烘製之溫度過高或歷時過長，則成品失硬結之性。重烘熟石膏，烘後必須磨細，乃可用。

淇因熟石膏 (Keene's cement) 極硬，爲熟石膏之最著名者。係用極純淨之石膏，烘至赤熱，浸入一〇%之明礬溶液中，復加烘製，終行磨細而成。

凝結及硬固 熟石膏與適量之水混合時，則凝結而硬固。需時自五分鐘至數小時不等，視熟石膏之純淨程度與和水之情形而定。用純淨原料製成之澆型熟石膏，凝固較速，而極硬熟石膏，則凝結極緩，而硬固之度最大。

強度 關於熟石膏強度之紀錄尙屬無多，而其試驗之方法與情形，亦無標準。熟石膏膠沙之強度，與熟石膏之品質，沙之品質，並拌和之方法有關。良好熟石膏之強度，略如下表所示。

牽引試驗

淨石膏粉……經時一月

強度約每方英寸三五〇磅

一比二石膏膠沙……經時一月 強度約每方英寸一七五磅

擠壓試驗

淨石膏粉……經時一月 強度約每方英寸一、二〇〇磅至二、〇〇〇磅。

一比二石膏膠沙……經時一月 強度約每方英寸九〇〇磅至一、五〇〇磅。

附着試驗

淨石膏粉與鋪地磚間……經時一月 強度約每方英寸一〇〇磅

淨石膏粉與一比二膠沙間……經時一月 強度約每方英寸一三〇磅。

由試驗結果，得知淨熟石膏粉，僅在膠結之首數日內，急速增加強度，而最大之牽引與擠壓強度，係在二至四星期中得之。熟石膏與沙混合之膠沙，強度之增加，則略較淨熟石膏粉為遲緩。

熟石膏之用途

(甲)澆型熟石膏 澆型熟石膏，因凝結硬固過速，故在工程建築上之用途極少，僅旋於室內

裝飾。

(乙) 墁牆熟石膏 墁牆熟石膏用以粉墁牆壁，和入少量之頭髮，羊毛，石綿，熟石灰，或粘土等，令其便於工作。此物與熟石灰相較，各有優劣。

墁牆熟石膏可製成石膏磚及石膏板，頗有用於建築屋內隔壁及地板樓板者，以其分量不重，甚能抗火，亦頗堅固任重，且易於鋸解剖分，以成所需之形狀故也。有用墁牆熟石膏與水及細煤灰或薄木片相和，作房屋地板樓板者，較之三和土地板樓板分量為輕，然常不及其堅固，且抗火之力亦遜。

(丙) 鋪地熟石膏 鋪地熟石膏係用作地板之表面層。

(丁) 極硬熟石膏 極硬熟石膏用於粉墁牆壁及地板。

此類中之淇因熟石膏凝結最緩，得力最遲，然成品最硬，非別種石膏所及。