

全国工业交通展览会建筑工业馆

技术资料

土坯制作与施工

福建省城市建设局

建筑工程出版社

目 录

前 言	2
第一部分 土坯的制作	3
第二部分 土坯房屋的施工	22
第三部分 土坯结构的經濟分析	29
第四部分 土坯牆問題补充資料	35
第五部分 附录	41
土坯制作暫行規定	41
土坯牆砌筑暫行規定	51
土坯牆抹灰暫行規定	59

前 言

土坯用作建筑材料已有悠久的历史。本省龙岩、莆田、惠安等地一两百年前的土坯建筑物均有遺存。但大规模建筑土坯結構房屋，尙属刚刚开始。我們对土坯的各种性能和砌筑工程尙缺乏完整的、系統的資料。为了掌握土坯的各种性能，以便合理制作与合理使用，保証土坯工程質量，我們在修建120,000平方公尺的土坯結構(結構形式：一般为单层土木結構，抛石夯土基础，干砌乱毛石勒脚，大部屋面由土坯山牆承重，門窗上用对开木过梁等)房屋中，制作了 $14 \times 18 \times 30$ 公分土坯430万块，采取了边試驗、边施工、边总结的方法，对土坯进行了一些研究，积累了点滴的資料。

我們認為：(1)从土坯耐压强度、水稳性、制作过程中质量的控制以及保証粉刷質量等方面綜合比較，水脫坯比压实坯好；(2)从土坯的耐压强度、水稳性、裂縫等方面来看，选择砂质粘土制作土坯为佳；(3)一般单层平房可用土坯砌筑内外山牆承受屋面重量(跨度大于6公尺又无中間隔牆的山牆，厚度采用45公分；跨度小于6公尺的山牆，厚度可采用30公分)；(4)土坯結構可就地取材，成本低廉，可在工业建筑的非生产性建筑和民用建筑、特别是广大农村建設中大量推广。一般每立方公尺砌坯砌体仅为同量砖砌体成本的14.4%，每平方公尺建築面积造砖較砖木結構降低24.99%。

限于我們目前的水平和条件，在各种試驗中，大部分因目前还缺乏試驗规范的根据，构的設計种土坯在同一条件下加以比較，有些問題均有待商榷(如土坯結構的設計、耐压强度試块的尺寸、土坯的标准尺寸、施工問題……等等)。我們的工作是較粗糙的，試驗的数据是較原始的，其中錯誤之处在所难免，希能拋砖引玉，多加指正。

第一部分 土坯的制作

1. 土壤选择

(1) 土壤的物理性能

土壤的物理性能，直接影响着土坯的耐压强度、水稳性（不可冲刷性）、裂缝等。选择适当的土壤制作土坯，是保证土坯质量的首要环节。

土壤物理性能（颗粒组成、粘滞度、干重、塑性指数……等等）对土坯的影响，尚未找到全面的规律，有待于继续试验研究。但是，目前可以看出土壤的颗粒组成，对土坯的影响较为显著，同时，也较为规则。不同土壤按塑性指数分类所制成的土坯，其水稳性（不可冲刷性）一般以粘土为最好，砂质粘土次之，砂质壤土最差；即土壤中粘粒成分愈少，砾石（粒径大于2公厘的颗粒）含量愈多，水稳性愈坏。对土坯的裂缝来说，砂质壤土不易裂缝，砂质粘土裂缝较少，粘土容易裂缝，裂缝也较严重；即土壤的砂粒含量愈少，塑性指数、粘滞度愈大，愈易裂缝。不同土壤如按土壤的颗粒组成分类，所制成的土坯其耐压强度以砂质粘土为佳，土壤中砾石含量愈多，则土坯的耐压强度愈低，一般砾石含量不超过10%。粘粒较多（20%以上）的土壤，制成的土坯（以水脱坯为例）耐压强度都比较高，一般均在7公斤/平方公分以上。

由于土壤对土坯的影响是错综的，因此，从土坯的裂缝、水稳性、耐压强度等全面综合考虑，我们认为：以砂质粘土制作土坯较为合适；亦可采用砾石含量少于10%的土，但在一般情况

下，应避免使用砾石含量大于10%的砾质土、砂砾、砾石等。

土壤的选择和使用，我們認為采用下列标准，比較合适。

① 土壤的干重不低于1.45克/立方公分，但不大于1.65克/立方公分。

土壤的干重大小，粘粒含量較多，制成的土坯容易收縮、裂縫；土壤的干重过大，砂粒含量較多，对土坯的耐压强度、水稳性都会产生不良影响。

② 土壤中砾石的含量不应超过10%。根据我們試驗，土壤中砾石含量6%制成的土坯，其耐压强度平均达10.13公斤/平方公分；而含28.5%砾石的土壤制成的土坯，其平均耐压强度反为4.85公斤/平方公分，降低52%；砾石含量67.5%，其耐压强度为4.47公斤/平方公分，降低56%。

③ 土壤中粘粒含量至少应在20%以上。土壤的粘粒犹如混凝土中之胶結物，沒有一定数量的粘粒，則土坯的水稳性、耐压强度均将降低。在其他相同的条件下，土壤粘粒含量30%时，其耐压强度为11.3公斤/平方公分，其土稳性为5~21分钟；粘粒含量25%时，其耐压强度为7.81公斤/平方公分，水稳性为6~9分钟。

④ 有机物（泥灰、腐植質及其他）含量不应超过干土重量5%。

附：不同土壤制成的土坯耐压强度比較（见表1）。

（2）现场土壤的普查与土方調配

进行现场土壤的調查，摸清现场各类土壤的分布情况，提出土坯制作土壤調配使用方案，是土坯制作中控制土坯質量的中心环节。根据现场土壤普查資料，使土坯的制作尽可能和土方調配計劃結合起来。土坯制作应尽量在房屋建筑群四周附近和最大限度利用房屋挖方的原則。在土壤普查中可把整个现场的建筑群划

分几个区域(点)。根据现场土壤变化情况，决定取土坑的布置。取土坑深度一般不应浅于0.5~1公尺(建筑物位置内的取土坑，取土深度应与挖方深度结合)。試驗结束后，按土壤的使用标准，决定某一取土坑土壤能否制作土坯，约有若干数量，并在千分之一的地形图(规模較小的工程，可用較大比例的地形图)上标出，作为土方調配計劃平衡土质，同时，又作为制作土坯取土的根据。

现场土壤的变化是比較复杂的，可能在取土坑附近即变化，或沿深度变化。因此，除了普查外，仍不得放松现场土壤使用的监督，同时要充分注意土质变化多的情况，加强試驗工作。

2. 土坯制作方法的选择——水脱坯与压实坯比較

(1) 制作

土坯制作以干打(压实坯)与水印(水脱坯)两种較为普遍。目前尚缺乏高效率、輕便灵巧又經濟的制作土坯的机械，土坯生产多系采用手工操作。目前压实坯生产效率低于水脱坯；同时，压实坯制作中密实度也較难控制，质量不易保证。但由于压实坯的制作用水較少，在干旱地区和水源不足或运距甚远的地方，可以克服水脱坯所克服不了的困难；又由于压实坯可随制作随堆迭，占地面积少，便于在场地較少处制作，可不必象水脱坯須大规模清理场地。水脱坯干燥時間較长，天气良好(室内温度平均在摄氏25度以上、相对湿度在70%以下的晴天)一般需經5~10天，否則不利防雨；同时，制作时的用水量极大，在干旱季节和水源缺乏地方，生产較为困难。

(2) 耐压强度

在保证压实坯95%以上密实度，其耐压强度一般均高于水脱坯。

附：水脱坯与压实坯耐压强度比較(见表2)。

水脫坯与压实坯耐压强度比較

表 2

土 坯 强 度	抗 压 强 度				备 注	
	压 实 坯		水脱坯(稻草掺合量 10公斤/立方公尺)			干湿坯 强 度 比 值
	含水量	强 度	含 水 量	强 度		
I	3.56	6.67	4.51	4.64	1.44	压实坯无做密实度檢驗
II	9.30	8.00	10.80	5.25	1.52	
III	9.23	8.12	10.70	6.07	1.34	
IV	10.70	4.66	10.80	5.43	0.86	
V	15.62	8.56	6.21	4.25	2.02	
VI	9.55	5.88	13.60	9.92	0.59	
XII	11.80	6.54	11.10	6.76	0.97	
VII	11.40	8.20	13.7	6.14	1.34	

(3) 水稳性

压实坯的水稳性远逊于水脫坯。压实坯在水中，表面首先吸水膨胀，很快使結構遭受破坏，崩解为各式小块。水脫坯透水性小、稳定，浸在水中表面虽吸水，却不易膨胀，因此，土坯結構遭受破坏也較迟緩。

我們曾在露天曠场砌造了压实坯、水脫坯各长6公尺、高2公尺的砌体，经历了3个月(7~9月)，几次日降雨量30公厘以上大雨的冲淋，压实坯砌体崩解坍塌，但水脫坯砌体却安然无恙完整屹立着。

附：水脫坯与压实坯水稳性比較(见表3)。

(4) 裂縫

压实坯掌握在最佳含水量情况下压实，一般均无明显裂縫，可不加防止裂縫的掺合料。水脫坯由于制作时含水量較大，較易裂縫，必須加入一定数量的掺合料，以防裂縫。

(5) 粉刷质量

水脫坯与压实坯水稳性比較

表 3

土样种类	粘 土	
土坯种类	压 实 坯	水 脫 坯
容重 (克/立方公分)	0.76	1.87
含水量 (%)	2.59	3.2
經過时间 (分)	崩 解	
	崩解量 %	崩 解 情 况
5	75	不断冒气, 不断掉落大量粉粒状土
10	81.4	少冒气, 断續的掉落块状土
15	87.5	同 上
20	89.5	同 上
25	91.7	同 上
30	100	崩 解 結 束
40		同 上
50		冒气, 試块多裂縫, 开始大崩解
60		冒出小气泡, 大裂縫, 断續的掉落块状土
0	0	同 上

压实坯由于制作时靠近坯模处不易压实, 且表面吸水容易膨胀, 粉刷較易起壳。干透后的水脫坯砌体粉刷坚实, 不易起壳脱落。

从上面的比較, 压实坯虽有較高的耐压强度, 但是水稳性、粉刷质量、现场制作质量的控制、生产效率等都远不如水脫坯。增高土坯水稳性的方法是加入有耐水性掺合料; 但这样将大大提高土坯成本, 不符合經濟原則。提高压实坯生产效率的途径, 是采用机械或半机械操作; 但目前尚缺乏簡易輕便制作土坯的机

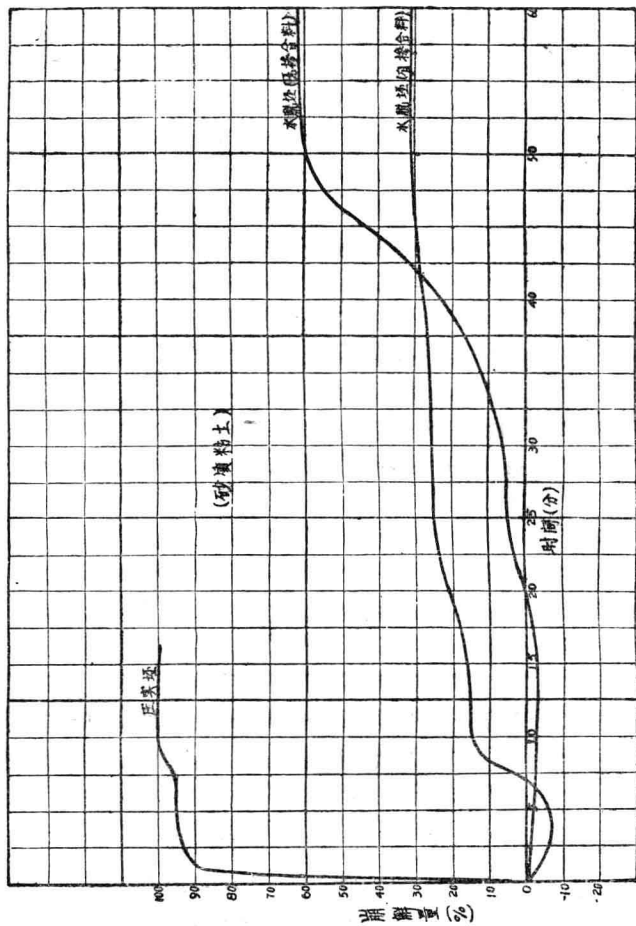


图 1 水脫坯与压实坯水穩性比較(砂質粘土)

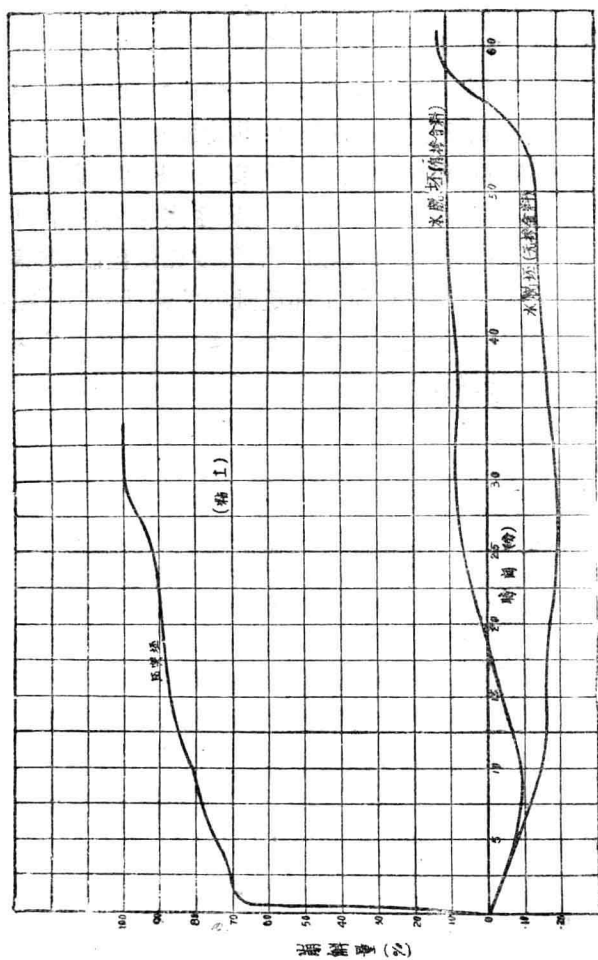


图 2 水脱环与压实环水稳定性比较(粘土)

械，且机械設備成本高，机械設備利用率低，亦不經濟。

水脫坯在现阶段制作中，虽尚存在一些缺点（如用水量較大，干燥緩慢，裂縫可能性較大等），但是和其优点（水稳性大，粉刷質量好，質量容易控制，生产效率高等）比較，缺点是次要的。

一般建筑材料其质量的好坏，多以耐压强度的高低作为衡量的标准。因此，在試驗过程中，压实坯其耐压强度比水脫坯高，就被誤認是一种較好的制坯方法，加以采用。其实所謂耐压强度高是在严格控制土坯的最佳含水量与最大密实度的条件下才有保証。施工现场大量制作时，含水量与密实度无法控制，其高强度的特点亦难获得。而且，根据保証土坯质量的关键，除耐压强度外，更主要的是水稳性好、粉刷不掉落与施工操作简单質量容易控制等問題。所以，我們認為在目前的条件下，采用水脫坯的方法生产土坯較为合适。

3. 制坯含水量

（1）含水量研究

水脫坯干燥后，含水量对土坯耐压强度的影响极不规则。在試驗中，我們曾发现，以塑性指数分类，砂質粘土制成的土坯，含水量在10%以內时，含水量較大的其耐压强度較高；粘土制成的土坯則愈干燥耐压强度愈好（见表4）。

制坯含水量多寡，对土坯耐压强度的影响，并不很显著。但对土坯的干燥过程、裂縫收縮有影响。土坯制作时，含水量愈多，則干燥过程緩慢，裂縫多，体縮大；含水量少，制作时脫模容易，但操作困难。我們認為：制作土坯的粘土草漿合适的稠度是脫模容易、脫模后无坍塌现象；一般制坯含水量，砂質粘土以液限0.8~1，粘土以液限0.8~1.2 較为合适，即制坯草泥漿含水量約30~40%为宜。

（2）最佳用水量控制法

土 壤 含 水 量 与 耐 压 强 度 关 系 试 验

表 4

土 壤	掺 合 料 数 量 (克)	制 作 日 期	试 压 日 期	压 后 含 水 量 %	耐 压 强 度			试 件 块 数	备 注
					最高值 (公斤/平方公分)	最低值 (公斤/平方公分)	平均值 (公斤/平方公分)		
程 溪 砂	20	7.3	7.24	6.45	9.64	7.80	8.60	5	
		7.3	9.12	3.26	8.00	7.72	7.91	5	
	40	7.3	7.24	8.45	8.52	6.85	7.50	3	
		7.3	9.12	4.46	7.45	5.68	6.35	5	
	60	7.3	7.24	7.73	7.07	6.30	6.65	5	
		7.3	9.12	3.79	7.76	5.05	6.36	5	
	80	7.3	7.25	7.61	7.34	5.87	6.55	5	
		7.3	9.12	5.05	8.22	6.20	7.15	5	
	100	7.3	7.25	8.42	9.50	5.84	7.33	4	
		7.3	9.12	5.46	6.23	5.51	5.93	5	
程 溪 粘 土	20	7.4	7.25	14.15	9.20	7.49	8.35	5	
		7.4	9.13	3.2	10.88	7.96	9.68	5	
	40	7.4	7.25	11	8.68	6.56	7.9	5	
		7.4	9.13	3.47	9.50	6.04	8.27	5	
	60	7.4	7.26	12.15	9.33	7.97	8.88	5	
		7.4	9.13	3.32	9.15	7.25	8.13	4	
	80	7.4	7.26	12.15	9.00	7.22	8.37	4	
		7.4	9.13	3.33	9.95	8.45	9.18	5	
	100	7.4	7.26	14.65	7.31	6.75	7.05	5	
		7.4	9.13	3.36	10.60	8.80	6.47	5	

① 用“湿度-密度”計法：用“湿度-密度”算出土壤的原有含水量，根据合适稠度时含水量与液限的关系，计算出每立方公尺应加水量，制作时即按每立方公尺加水量用水（但应考虑拌和粘土草浆至制坯期间水分的蒸散）。

② 标准圆锥体法：用标准圆锥体控制土坯制作时的稠度，这种方法还是比较简易可行。操作方法与一般砂浆稠度测定的方法同。如土坯掺合料为稻草，则测定时应将粘土草浆中的稻草取出。

我們認為：土坯制作的稠度（圆锥体沉入度）采用下述数值較為合适。

砂浆粘土	3~4(公分)
粘土	4~5(公分)

4. 有机掺合料研究

(1) 有机掺合料种类

不同种类掺合料对土坯的耐压强度、水稳性、裂缝等的影响尚未找到比較成熟的规律。根据稻草、谷糠、瓦砾三种不同掺合料試驗結果說明：对土坯水稳性來說，谷糠較好，稻草次之，瓦砾較差，对土坯耐压强度來說，谷糠最高，瓦砾次之，稻草較低。谷糠虽是一种較好的掺合料，但大规模制作土坯时，所需数量頗多，难于买到，所以我們采用稻草作为土坯掺合料。

附：不同种类掺合料水稳性比較（见表5）。不同种类掺合料耐压强度比較（见表6）。

(2) 掺合料处理

我們曾对掺合料的处理（即泡浸問題）进行試驗，掺合料泡浸時間长短对土坯的影响尚不成熟。但我們認為：就操作上的要求，一般掺合料和土浆拌合后至少須經24小时方可制坯，因这时稻草纖維已稍为軟化，制坯时操作容易。

(3) 掺合料对裂缝的影响

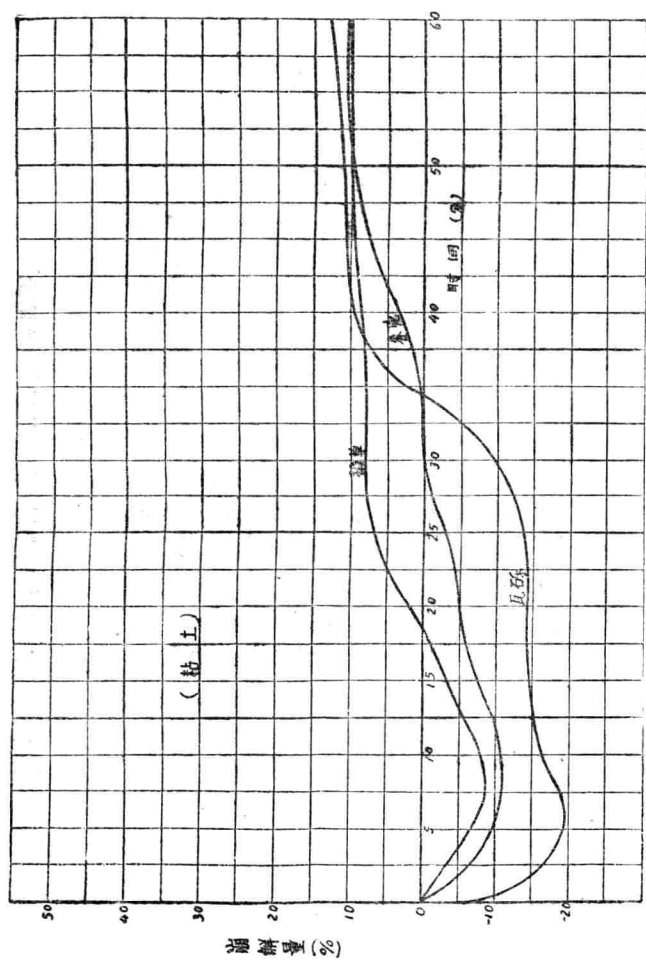


图 3 不同种类掺合料水稳性比较(粘土)

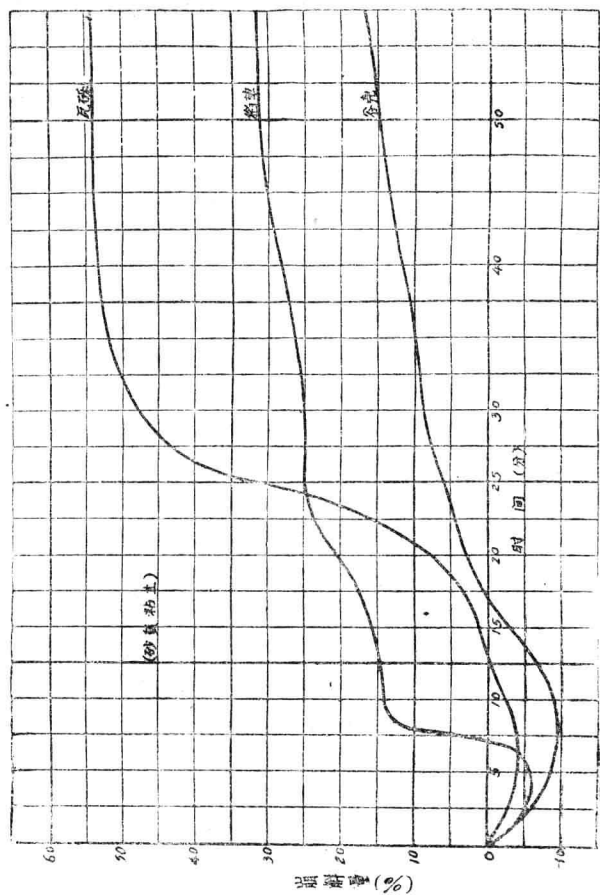


图 4 不同种类掺合料水稳性比较(砂质粘土)

不同种类掺合料水稳性比较

表 5

土壤种类	粘 土			
掺 合 料 种 类	掺 稻 草		掺 瓦 片	
容重(克/ 立方公分)	1.79		1.78	
含 水 量 (%)	2.06		3.09	
经过时间 (分)	崩 解		崩 解	
	崩解量 %	崩解情况	崩解量 %	崩解情况
0	0		0	
5	-6.67	大量冒气, 不断掉落小粒土	-19.35	冒气泡, 不断有粘土下落
10	-8.35	大量冒气, 有大堆片粘状土下落	-16.11	同 上
15	-3.33	同 上	-14.51	冒气泡, 断續有片粒状土下落
20	1.67	冒小气泡, 断續的大堆片粒状土下落	-14.2	同 上
25	6.67	冒出少量小气泡, 时间长了有大堆片状土下落	-13.52	同 上
30	8.35	冒出少量小气泡, 有少量小粒土下落	-9.69	冒小气泡, 断續的并堆片状土崩散
40	8.35	同 上	9.69	同 上
50	10	同 上	11.3	冒出少量小气泡, 少量微小粒土下落
60	10	看不見气泡, 停止崩解	12.9	同 上

不同种类掺合料耐压强度比較

表 6

土 墙 种 类	每組 抗压 数量	掺 合 料 种 类					
		掺 稻 草		掺 瓦 片		掺 谷 糠	
		强度平 均 值	压后含 水 量	强度平 均 值	压后含 水 量	强度平 均 值	压后含 水 量
		公斤/平 方公分	%	公斤/平 方公分	%	公斤/平 方公分	%
粘 土	6	3.86	11.50	5.65	12.90	6.66	15.50
砂 粘	6	5.40	7.10	6.07	6.90	6.40	7.30

我們曾对有机掺合料(稻草)掺含量不同的土坯进行裂縫观察。从观察中証明：为防止裂縫，水脫坯必須加入有机掺合料。但掺合数量多少和裂縫大小关系，并不是很規則的。一般說稻草含量愈多，裂縫則少。

附：不同掺合料数量土坯裂縫观察(见表 7)。

不同掺合料数量土坯裂縫观察

表 7

土 壤 編 号	土 壤 名 称	土坯制作情况			裂 縫 情 况												备 注	
		日 期	稻 草 合 量 (每块)	制 作 方 法	观察 日期	观察 天数	干燥 环境	观察 块数	裂縫		块数	百分 比	一 般 寬 度	最 大 寬 度	深 度	长 度		說明
									裂縫 块数	断裂 块数								
I	白砂粘	7.8	100克	水脫坯	7.14	6		20	17			85	3	5	45	35		
		7.8	80克	水脫坯	7.14	6		20	16			80	2	6	60	60		
		7.8	60克	水脫坯	7.14	6		20	11			55	2	8	72	42		
		7.8	40克	水脫坯	7.14	6		19	17			89.5	4	11	50	180		
		7.8	20克	水脫坯	7.14	6		20	19			100	4	11	70	180		
II	粘 土	7.9	100克	水脫坯	7.14	5		20	12			60	2	4	50	70		
		7.9	80克	水脫坯	7.14	5		20	20			100	2	3	8	30		
		7.9	60克	水脫坯	7.14	5		20	8			40	2	3	15	30		
		7.9	40克	水脫坯	7.14	5		20	11			55	2	3	20	60		
		7.9	20克	水脫坯	7.14	5		20	16			80	3	4	50	100		