

不用釘板梁竹橋

陳賢進 編

人民交通出版社

不用釘板梁竹橋

陳賢進 編

人民交通出版社

四川省在1959年完全利用竹材設計修建了一座跨徑10米的釘板梁竹橋。本書詳細闡明竹材的物理力學性質、修建這種橋的依據和經濟分析、設計和施工方法以及怎樣防蟲、防腐和干燥處理。最後還附有上部構造設計圖和計算書。通過四川省的設計修建經驗，證明利用竹材修橋，施工簡單，在技術上既完全可能，而且造價低，可為國家節省鋼材、木材、鐵件和水泥。我國南方地區竹材資源豐富，本書可供仿照建造竹橋時參考。

四不用釘板梁竹橋

陳賢進 編

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

新华书店科技发行所发行 全国新华书店經售

人民交通出版社印刷厂印刷

*

1960年7月北京第一版 1960年7月北京第一次印刷

开本：787×1092₃₂ 印張：1 $\frac{1}{2}$ 張 插頁1

全書：31,000字 印數：1—2,400冊

統一書號：15044·1411

定價(9)：0.21元

目 录

一、引言	2
二、四川竹材的分布及物理力学性質	3
三、提出修建“四不用”釘板梁竹桥的依据	5
四、竹釘（梢）承載能力的試驗和計算	5
五、釘板梁竹桥的設計方法	9
六、主梁的加工預制	11
七、橫向联接系	17
八、桥面	19
九、竹釘（梢）的削制及釘装	19
十、竹桥的防虫、防腐和干燥处理	20
十一、竹桥的經濟分析	23
十二、結束語	24
附录：一、釘板梁竹桥計算書	26
二、釘板梁竹桥上部构造設計圖	（見插頁）

一、引 言

四川竹材資源丰富，全省竹林面积約10万市亩，估計儲积量在1,200万株以上，大都分布于长江两岸的宜宾、泸州专区所属各县。由于竹材生长期快，三年成材，五年即可使用，特别是竹材具有中空、質輕、强度高、韌性好、加工容易、价格低廉等优点，是良好的地方性建筑材料。

为节约木材、鋼材、鉄件、更好的降低造价，本着就地取材的精神，于1959年2~5月，在四川省长宁县县长（宁）-龙（头）公路設計修建了一座跨径10米、設計載重汽-8級的四不用釘板梁竹桥（四不用是指不用：鋼材、鉄件、木料、水泥），实践証明，全部利用竹材修桥在技术上是完全可能的，而且在經濟上相当便宜，每米造价在200元以內，仅及木結構桥的二分之一至三分之一；同时，施工簡易，技术水平要求不高，完全可以預制抬运安装，在一般产竹地区的地方道路上，是可以广泛采用的。

四不用釘板梁竹桥，对于我們还是第一次嘗試，加以学习中央及有关資料不够深刻，技术水平很低，因而在完成建桥任务中，难免还存在着缺点和錯誤。为更好的發揮竹材在公路桥梁建筑上的作用，特把竹桥的設計、施工体会总结介紹出来，希望讀者批評指正，在交流經驗的基础上把竹桥工作繼續向前推进，讓公路竹桥更好更普遍的修建起来。

二、四川竹材的分布及物理力学性質

根据四川省人民委员会林业厅1956年統計資料，全省竹林面积約10万市亩，平均每市亩約120株，估計儲积量在1,200万株以上；分布于长江两岸的长宁、江安、合江、兴文、拱县、古宋、納溪、叙永、江津、同梁、璧山等县，其中长宁为主要林区，約占全省竹林面积的40%，江安、合江为竹材的主要集散地。此次修桥的长宁县，約有楠竹林面积40,000市亩，宜于建桥的竹材約 323 万株。解放后在当地党政的领导下，对竹林培植、組織管理上得到改善，同时进行了合理砍伐及保护，竹材产量有很大增加。

竹材力学性質优越，它的抗拉、抗压、抗弯强度，約高于松木 2 ~ 4 倍，而抗拉强度高达 3 号鋼的 1/2 左右。其主要力学性質、竹材与木材的比較、竹材与鋼受拉情况的指标，分別如表 1、2、3。

竹材力学性質的比較

表 1

应 力 种 类	苏 联	清華大学	原上海公路 試驗研究室	四川长宁 有節 无節
順 紋 抗 拉	1530	1342	1986	1584 2113
順 紋 抗 压		520	705	671 661
橫 紋 抗 弯	1180	1575	1353	1422 1537
順 紋 抗 剪		156	170	162 174
抗压彈性模量	127500		115500	

竹材、鋼材、木材極限抗拉強度的比較 表 2

材 料	種 類	抗 拉 強 度 (公 斤 / 平 方 厘 米)		
		表 皮	內 部	平 均
竹 材	剛 竹	3857	1810	2334
	毛 竹	2984	893	1939
	淡 竹	2381	1263	1822
鋼 材	極 軟 鋼	3730以下		
	軟 鋼	3730~4250		
	半 軟 鋼	4400~5000		
	半 硬 鋼	2500~6000		
	硬 鋼	6100~7100		
木 材	最 硬 鋼	7300以上		
	杉 木	231~ 440		
	枞 木	260~ 600		
	松 木	227~ 907		
	山 毛 櫟	340~ 850		
	水 櫟	580~1200		
	白 櫟	540~1200		

竹材、木材力學性質的比較 表 3

應力種類	四川瀘州松木 (公 斤 / 平 方 厘 米)	四川長寧楠竹 (公 斤 / 平 方 厘 米)
順紋抗拉	966	2113
順紋抗压	467	661
順紋抗剪	95.2	174

从以上三表比較看出，竹材具有显著的优点，在目前鋼材、木材不足的情况下，大量利用竹材，具有特別重要的意义。

三、提出修建“四不用”釘板梁竹桥的依据

根据原中央公路科学研究所筹备处1956年在浙江地区修建的多种試点竹桥的观察，以及原上海公路研究室所作竹釘板梁的載重試驗，說明釘板梁竹桥承載能力最为良好，并具有下列优点：

1. 結構簡單

全部用片竹拼接迭合而成，結構簡單，主要受力部份的上下弦接头只需錯开，不需設置夾板，使接头連接簡單化，容易解决，特別是受拉的下弦。

2. 应力分布均匀，安全度高

全桥上下弦及腹板均用数层以很多分散而滿布的釘梢連接，应力分布均匀，安全度高，不致因个别施工缺点，而影响承載能力，且施工容易，不像榫接那样，要求施工精度很高，非熟練技术工人不可。

3. 省鋼材、木材

由于釘板梁竹桥应力分散而均匀，这就使我們完全有可能用竹材建成。釘梢多而分散，每个釘梢受力很小，可以用竹釘梢来代替，儘量少用和不用鋼材、鉄件，克服了釘板梁竹桥用鉄釘、螺栓很多的缺点。

四、竹釘(梢)承載能力的試驗和計算

釘板梁竹桥用鉄釘螺栓很多，是不太經濟的。加以竹壁很

薄，重迭层次又不宜过多，因而鉄釘螺栓的抗弯能力不能充分發揮。而竹材本身有較良好的抗弯能力，几乎达到鋼材的一半，根据竹壁厚度，能制作1.2厘米以內的釘梢，因而用竹釘梢代替鉄釘螺栓是很合理的，而且也是可能的。为了进一步弄清竹釘結合受力情况及承載能力，在室內作了0.5厘米和1.0厘米（釘板梁竹桥腹板及弦板要求的釘的直径）竹釘受剪試驗。茲將試驗結果列于表4、5。

直径0.5厘米竹釘受剪強度

竹釘形狀

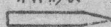
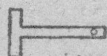


表4

編號	直径D厘米	面 積 $2 \times A$ 平方厘米	垂直压力P公斤	单位受剪力 $T = \frac{P}{2 \times A}$ 公斤/平方厘米
1	0.42	0.276	185	670
2	0.42	0.284	200	704
3	0.44	0.304	200	657
4	0.45	0.328	205	645
5	0.38	0.226	175	644
6	0.47	0.346	225	642
7	0.50	0.392	225	574
8	0.46	0.332	200	602
9	0.45	0.250	150	680
10	0.43	0.318	210	600
11	0.50	0.392	220	759
12	0.50	0.392	310	791
13	0.52	0.424	245	578
14	0.47	0.346	200	578
15	0.46	0.332	230	692
16	0.51	0.408	280	706
17	0.48	0.346	270	780
18	0.45	0.318	235	739
平均				668公斤/平方厘米

直徑 1.0 厘米竹釘受剪強度



竹釘形狀



表 5

編號	直徑 D 厘米	面 積 $2 \times A$ 平方厘米	垂直壓力 P 公斤	單位受剪力 $T =$
				$\frac{P}{2 \times A}$ 公斤/平方厘米
1	1.05	1.72	865	503
2	1.17	2.14	1028	479
3	1.10	1.90	750	395
4	1.12	1.93	865	437
5	1.10	1.90	800	421
6	1.10	1.90	715	378
7	1.02	1.64	660	407
8	1.12	1.93	900	455
9	1.17	2.14	870	406
10	1.10	1.90	960	505
11	1.08	1.84	800	435
12	1.10	1.90	1060	558
平均				448公斤/平方厘米

从以上兩項試驗結果看出，1.0 厘米直径竹釘平均受剪强度为448公斤/平方厘米，0.5厘米直径竹釘平均受剪强度为668公斤/平方厘米，若取安全系数为 2，則分別的容許应力为224公斤/平方厘米、334公斤/平方厘米。根据苏联木桥設計規範公式計算，每只竹釘双面受剪承載能力为 206 公斤，已能符合設計的要求，且与試驗結果相似，增强了用竹釘代替鉄釘在實踐中应用的信心。

又从試驗过程中看出，除个别竹釘破坏是純剪以外，大都是竹釘本身弯曲破坏；直径 1.0 厘米以下竹釘，無論强度或是变形方面，都有足够保証，而直径1.2厘米的竹釘，一般安全

度都不到 3，就数字来看，也并不比直径 1.0 厘米竹釘增加許多，而且变形也較大，因而在竹結構中采用竹釘（梢）直径不宜过大，一般以直径 1.0 厘米为宜。

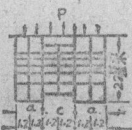
又考虑到在施工中竹釘不能弯头，而且不用螺栓，因而又作了竹釘結合的比較試驗，其結果如表 6。

竹釘（梢）結合試驗

表 6

编号	竹釘（梢）接合形式的說明	破坏压力(噸)	現象說明
1—1	 竹梢头穿以小竹釘， 夾緊接合构件，竹梢 直径 1.0 厘米	7.30	釘孔竹材順紋裂开， 片竹受力弯曲而破坏
1—2		—	
2—1	 竹梢头打入小竹釘， 破头后卡緊构件，竹 梢直径 1.0 厘米	7.65	同上
2—2		6.93	
3—1	普通鉄螺栓，直径 1.0 厘米	6.67	同上
3—2		6.29	

說
明



- ①試件共三組 6 个，結合形式如图，在压力机上加压；
- ②片竹高 22 厘米，厚 1.2 厘米；
- ③填板用片竹二片， $c=2.4$ 厘米，夾板用片竹二片， $a=2.4$ 厘米；
- ④結合釘均用 5 顆如图。

从以上 6 个比較結合試件的試驗結果說明，鉄釘結合与竹釘結合的破坏强度都在 6 ~ 7 吨左右；且破坏时并非釘受力弯断或剪断，都是竹材順紋开裂和弯曲。且两种結合形式的竹釘（梢）都未发生变形和滑移，能起到組合构件的作用。这些大小試件的試驗結果，使我們肯定了用竹釘（梢）代替鉄釘、螺栓。在实际施工中采用竹釘（梢）头鑽眼后穿入小竹釘的結合形式。

五、釘板梁竹橋的設計方法

釘板梁竹橋的結構系由上弦板、下弦板、腹板、中加勁條、端加勁條、水平加勁條等利用竹釘連結組成。假定梁的彎曲力矩由弦板承受，上弦受壓力，下弦受拉力，剪力全部由腹板承受，參照蘇聯公路木橋設計規範及木橋設計計算原理進行計算，採用容許應力的設計方法。

1. 竹材容許應力的確定

由於竹材沒有象木材所特有的疵病（木節、斜紋等），整竹杆使用時，纖維又不受鋸截斜紋的影響，以及小試件所得結果與大試件所得結果接近，所以竹材容許應力的安全係數一般比木材所採用的小些，在 3 ~ 5 之間，容許應力值詳附錄一計算書。

2. 活載的橫向分布係數

我們假定釘板梁竹橋橫向連結為一個整體，因而活載可按直綫規律分配在各根縱梁上，按材料力學偏心受壓的原理，分布係數按下式計算：

$$\gamma = \frac{1}{n} \pm \frac{eb_{\max}}{\sum b^2}$$

其最大值为：

$$\gamma_{\max} = \frac{1}{n} \pm \frac{B \cdot b_{\max}}{2 \sum b^2}$$

式中：n——梁的片數；

b ——梁軸綫之間的距離；

e ——單位集中荷載至橋軸的距離；

B ——活載的極限位置（即 $e_{\max} = \frac{B}{2}$ ）。

3. 橋面竹的橫向受壓

按同濟大學橋隧教研組試驗公式計算：

$$N_c = 1.165 d_0^3$$

式中： N_c ——圓竹橫向受壓的極限承載量（公斤）；

d_0 ——圓竹的外直徑（厘米）。

4. 片竹軸向受壓穩定折減公式係數

按原上海公路科學試驗研究室公式計算：

$$\lambda < 59.1 \quad \phi = 1 - 0.009\lambda$$

$$\lambda \geq 59.1 \quad \phi = \frac{1635}{\lambda^2}$$

式中： $\lambda = \frac{l}{r}$ 為片竹的長細比（ l ——計算自由長度， r ——迴轉半徑）。

5. 竹梢每一受剪面的許可作用力

按照試驗結果，採用蘇聯公路木橋設計規範第42頁之公式計算，竹梢容許彎應力為380公斤/平方厘米，片竹周邊承壓應力300公斤/平方厘米，代入公式計算，選用其中最小值（公式詳附錄一計算書）。

6. 竹材斜紋受壓強度

按原公路科學研究院籌備處推薦公式計算：

$$[\sigma]_{\alpha}^{\circ} = \frac{[\sigma]_0^{\circ}}{1 + \left[\frac{[\sigma]_0^{\circ}}{[\sigma]_{90}^{\circ}} - 1 \right] \cdot \sin^{1.5} \alpha}$$

7. 釘板梁竹橋撓度的驗算

與木橋計算公式相同：

當集中荷重時， $f_p = \frac{PL^3}{48EI}$ （單一活載中心），

$$f_p = \frac{Pa^1}{48EI} (3l^2 - 4a^2) \text{ (多個荷載時);}$$

當恒載荷重時， $f_q = \frac{5ql^4}{384EI}$ （均布）；

驗算撓度 $f = f_p + f_q < \frac{L}{300}^{\circ}$

六、主梁的加工預制

釘板梁竹橋計算跨徑10米，全長10.60米，梁全高1.1米，其各部尺寸詳圖1。此次施工完全採用在工棚內預制好後拾運安裝，現按施工次序分述如下：

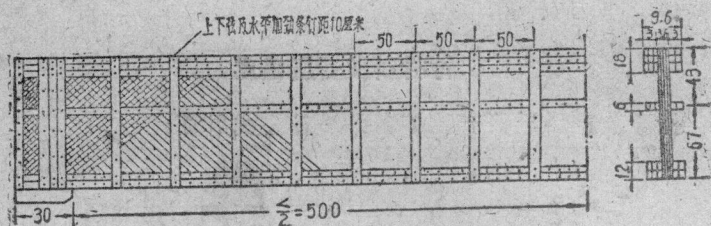


图1 釘板梁

1. 竹材的砍伐和堆放

竹材本身含大量有机質和糖質，新竹含水量很大，春天水气上升，最易生虫，冬季水气下降，虫害减少，因而砍伐竹材以冬季为宜（十月至次年二月之間最好），一般也要入夏之后才能砍伐。选材时应注意竹身端直，沒有疵病，根部和梢部相差不多，生长期在五年左右，竹节处有黑灰，表皮成墨綠色，胸径在10~12厘米，一般以331、361、391規格为主（是一般产竹地区对竹材規格大小的称謂，331即直径市尺三寸三分一，相当于10厘米；361即直径市尺三寸六分一，相当于11厘米；391即直径市尺三寸九分一，相当于12厘米。直径部位是从根部起1.5厘米处，即一般人的胸高处）。砍伐竹極时从下部輕輕下刀，然后用刀背向上敲击，禁止由上向下，以免伤及表皮。搬运时应小心輕放，儘可能减少溜放。堆放竹材应設有简单料棚，选干燥平整地点搭設竹支架，支架离地30厘米以上，作到防潮、防雨、通风良好。

2. 竹材的加工

竹材初砍下后，含水量很大（一般在70%以上），需自然风干一月后，按釘板梁竹桥上弦板、下弦板、腹板、加劲条等

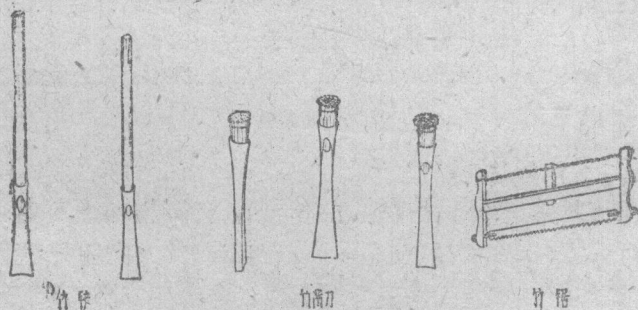
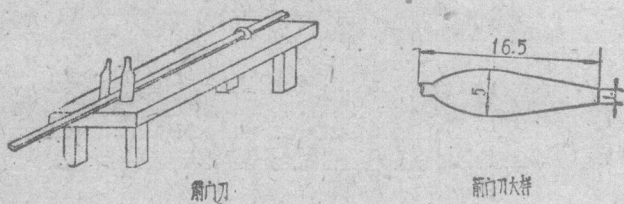
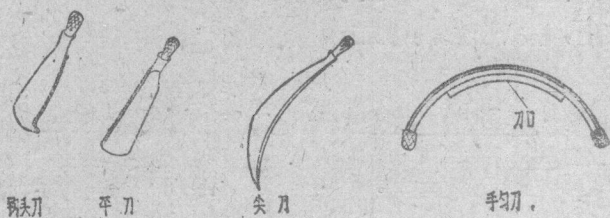
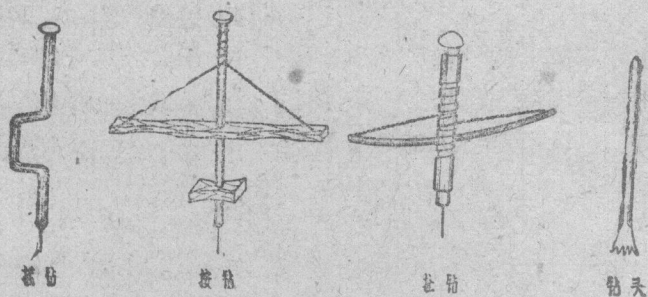


图2 竹工工具图

尺寸及数量下料（尺寸稍放大），再經過鋸、削、過勻刀等，加工成所需要的材料尺寸和数量，进行干燥（风干時間有一月以上者不需要）、防虫、防腐处理后适当阴干，即开始拼装。加工及拼装所需竹工工具如图 2。

3. 梁的預制拼装

竹釘板梁的預制拼装，全部在水平的工作架上进行（图 3），先将梁的各部尺寸：长度、高度、中心位置等放样在工作架上，按下列次序加工：

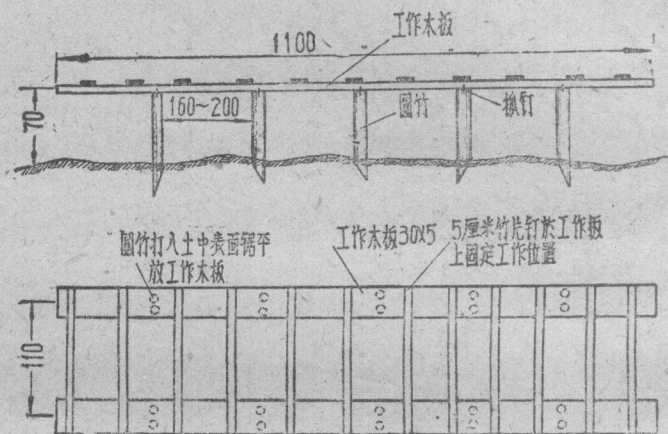


图 3 工作架

（1）腹板的鉗眼裝釘 腹板共 4 层，每层寬度 4.5 厘米，厚度 0.9 厘米，中心二层相互勻平后，竹黃面相对緊貼，方向相同，与水平綫成 45° 交角。外面两层彼此方向相同，而与中間两层相反，紧紧的夹着中間两层，与水平成 45° 交角，与中心二层成 90° 垂直交叉，如图 4。