

木結構裂環接點的理論分析和應用

翁 朝 慶 著

龍 門 聯 合 書 局 出 版

木結構裂環接點的理論分析和應用

翁朝慶著

江苏工业学院图书馆
藏书章

龍門聯合書局出版

目 錄

第一章	緒論	1—10
第一節	試做與研究的經過	1
第二節	裂環接點的基本概念和它的優點	2
第三節	裂環的形狀和尺度	8
第二章	理論分析	11—30
第四節	裂環作用的分析	11
第五節	裂環接點的強度	13
第六節	裂環的間距	21
第七節	裂環的端距	27
第八節	裂環的邊距	28
第三章	應用算例	31—66
第九節	概說	31
第十節	拉力接點	33
第十一節	疊梁	37
第十二節	三構材接點	39
第十三節	五構材接點	41
第十四節	構材及聯板接點	44
第十五節	裂環接點的木屋架	46
第十六節	部份採用圓料的裂環接點木屋架	60
第十七節	裂環接點的木桁架橋	65

第 四 章	附錄.....	67—86
	(甲) 圓柱體對於木料的壓力.....	67
	(乙) 對於美國計算方法的批判.....	70
	(丙) 我國各種木料的強度.....	78
	(丁) 關於蘇聯所採用的裂環接點的一點體會.....	82

第一章 緒 論

第一節 試做與研究的經過

抗日戰爭時期，在後方曾做過一些橋梁和屋架的木結構。當時覺到大尺寸的木料不易採購，鐵件的配製也有困難；在跨度較大的木桁架中，這些困難尤為顯著。因此，許多工程的設計與施工，受到了一定程度的限制。

用鐵製的連接器，來連接木料——這種方法在歐洲已經採用了數十年。連接器的型式也很多。關於裂環節點的做法，在蘇聯也早有採用，1940年後美國亦作大量的推行。可是在當時的反動政府下，我們是見不到蘇聯方面的技術理論的。在工程界所有的，倒是一些由美國市僧們為推廣他們木材和連接器生意用的介紹文章和書籍。筆者也看到了一些，當時覺得裂環節點的採用，確是木結構技術上的一大進步，但如果照美國所介紹的，除非完全買了他們的全套貨色（裂環連接器和木材），是不容易推廣的。不用說他們的連結器和裂環槽子的做法，他們不會告訴我們，就是他們所介紹的那些經驗公式，也未必能適用於我國的木材。因此，筆者早在1946年就有一個願望要把這種接點的理論發掘出來。希望能把這種技術從“經驗的”引導到“科學的”階段，並且能夠合理地適用於我國的木料。

筆者曾在設計一座廠房時，把這種接點引用到木屋架設計中。這時已經推想到，裂環接點的強度應當是由木料的承着力來決定的。後來，當第一二兩樑屋架做成之後，經過試壓和撓度測量，在實際上更使

這種推想堅定起來。試做過程中，對於槽子的挖法曾經費過一些小周折，但最後把這個問題解決了。這一次施工把實施問題雖已全部解決，但是仍舊停留在“經驗”階段。

一年多以來，時刻在想念這個問題。在同濟大學第二次講授這門課程時，筆者自己的領會又加深了，並且試做了一些計算和複證的工作，確信這種理論是能夠建立的。經過了相當時期的思考，分析和研究，基本的理論已經建立起來。因為工作忙碌，現在又不在擔任這門課程的講授任務，所以整理工作一直在拖拉狀態下進行着。

最近，筆者感覺到有責任把這些理論寫出來。第一，使教學和應用兩方面都早一點擺脫“經驗”階段。第二，這種結構的推廣對於基本建設是會造成一點有利的條件的。第三，從理論研究中，發現美國的資料是在找到了一部份理論根據後，才列出來的；但是，這些美國市僧却故意地把理論部份隱匿起來，以便保持他們在商業上的專利——這種醜陋又自私的面貌必須加以揭發；另一部份理論，這些市僧自己還不曉得，我們可以公佈出來，證明美國在技術上並不是最好的——把以往的崇美思想，以堅強的事實，澈底地予以肅清。

蘇聯關於裂環節點方面的技術理論，介紹到我國來的現在還很少，但單就周傳燿先生譯、B. E. 謝什金著的木結構一書所有的簡單論述來揣摩，更增加了筆者在這方面努力的信心（請參見第四章附錄丁）。

這本小冊子祇是針對着裂環接點這一個題目而寫的，有些木結構設計的理論沒有包括在內。假定的閱讀對象包括學生和工程師兩種類型，所以才編寫成現在這樣的方式。

第 二 節 裂環接點的基本概念和它的優點

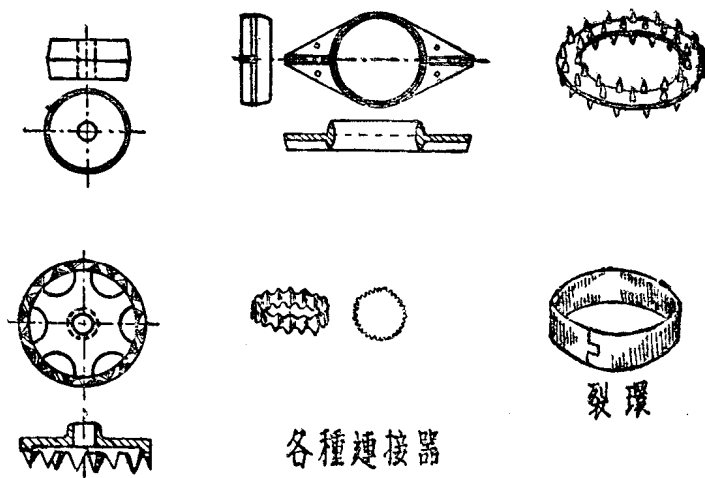
在建築結構中，爲了構材的拼接和幾件構材的聯接，就需要做成接

點。接點永久是結構中極弱的一環；因之，接點設計成為結構設計的主要部份。在很多的情況下，因為接點設計所存在的問題，使我們不得不限制了所採用的結構型式。

鋼結構是用鉚釘和聯板來聯接的；為了減輕結構的本身重量，為了增高接點的強度，就逐漸發展到銲接的方式。木結構的接點具有更多一些的困難：第一，木材不是一種勻質的物體，對不同方向的抗力是不相同的。第二，做壓力接點時，木材聯接時所挖去的斷面沒有造成重大影響（以往，設計時根本不考慮這種影響，仍照總的斷面積計算構件的抗壓力）；但是，做拉力接點時，通常所用的螺栓把構件的斷面佔去了很大一部份，把螺栓所佔部份挖去後，抵抗拉力的斷面積就很小了——這樣，使拉力接點的設計成為木結構設計中的一個重大障礙。

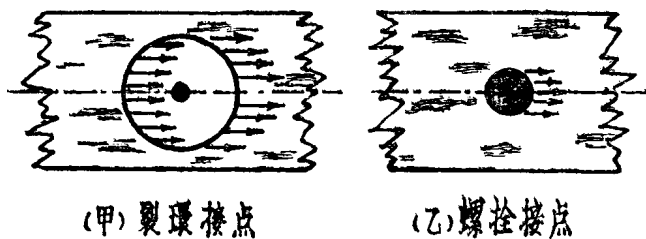
不論是壓力接點或是拉力接點，如果用螺栓穿過幾件構材，把它們聯接起來，那麼螺栓與木料的接觸面必須要很大，才能使木料發揮充分的承着抗力。接觸面要加大，也就是說螺栓的數目要加多，或是螺栓的直徑要加大——但是，這種方法要使木料的斷面挖去更多。因此，在舊的方法中，遇到拉力構材就用鋼料來做，以鋼料末端的螺栓帽作用於墊板（俗稱華司）上，墊板則壓於木料上——這樣就使木料發揮了充份的承着抗力，而其斷面積却未曾大量地減小。這個方法的應用有些限制，例如桁架中的下桁類多不能用鋼料來代替；也因為這種特性，使所採用的桁架型式受到限制，通常僅採用好夫式或派來特式，像華倫式或其他型式就不便於採用了。

為了打破這種障礙，就創造了許多種鋼鐵製的連接器。第1圖所列的就是其中的一部份，裂環也是其中之一。這些連接器的主要目的在於：在不十分減小木料的斷面積的原則下，使木料的承着抗力大大地增高。現在以裂環為例，和螺栓連接的情形來比較一番。第2圖



第 1 圖

(甲) 所表示的是裂環接點。若是採用 6.5 公分, 10.5 公分和 15.5 公分三種不同內徑的裂環, 則在 10 公分厚的木料上, 得到 24.5, 43.5 和 67.2 平方公分的承着面積 (包括裂環和中間所穿的螺栓在內)。若是採用第 2 圖 (乙) 所表示的螺栓接點, 要得到同樣的承着面積, 螺栓的直徑須為 2.10, 4.00 和 6.37 公分。按照這兩種方式, 計算木料所挖去的斷面積, 得第 1 表的數字——也就是說, 裂環接點可以使木料少挖去 28% 至 61% 的斷面積。



第 2 圖

第1表 裂環與螺栓所佔斷面之比較*

裂環內徑 (公分)	同承着面積 之螺栓直徑 (公分)	裂環及中心螺 栓所佔斷面 (平方公分)	相當的螺栓 所佔斷面 (平方公分)	裂環所節 省斷面之 比
6.5	2.10	17.61	24.50	28%
10.5	4.00	25.01	43.50	43%
15.5	6.37	26.68	67.20	61%

* 係按 10 公分厚之木料計算並請參見第 2 圖

各種的連接器都和裂環相似，都具有上述的優點，祇是所節省的斷面積多寡不同而已。裂環比其他的連接器更好的地方是：一則裂環本身的形狀簡單，容易製造；二則，有了一道裂縫之後，受力時裂環可以略行張開，使得它與木料有密切的接觸（不是與外圈的木料接觸，便是與圓心內的木料接觸）——這就保證了實用情況與設計情況的完全一致；它種連接器很難與木料有這樣密切的接觸，而常會使木料局部過分受壓，形成較大的形變。爲了略具彈性，最好用低炭鋼或鑄鐵來做裂環。

在一個裂環接點上，木料的抗剪力和抗拉力不會成爲控制因素。我們可以把兩個裂環的間距放大，或是使裂環與木料邊端的距離放大，這樣就使木料上有充分的抗剪力斷面，不會因爲抗剪力不充分而損壞了。所用的木料若太薄，則裂環所佔斷面積雖是比較少，但與總面積比起來，百分比仍舊是很高的——在這種情況下，木料的總的抗拉力要比總的承着抗力低了，也就是說木料的抗拉力將要成爲控制因素。但是，我們在習慣上不會採用這樣薄的木料；所以在實際上，木料的抗拉力也不會成爲控制因素的。

其次，我們也不妨來想一想，鋼料製成的裂環，它的強度會不會成

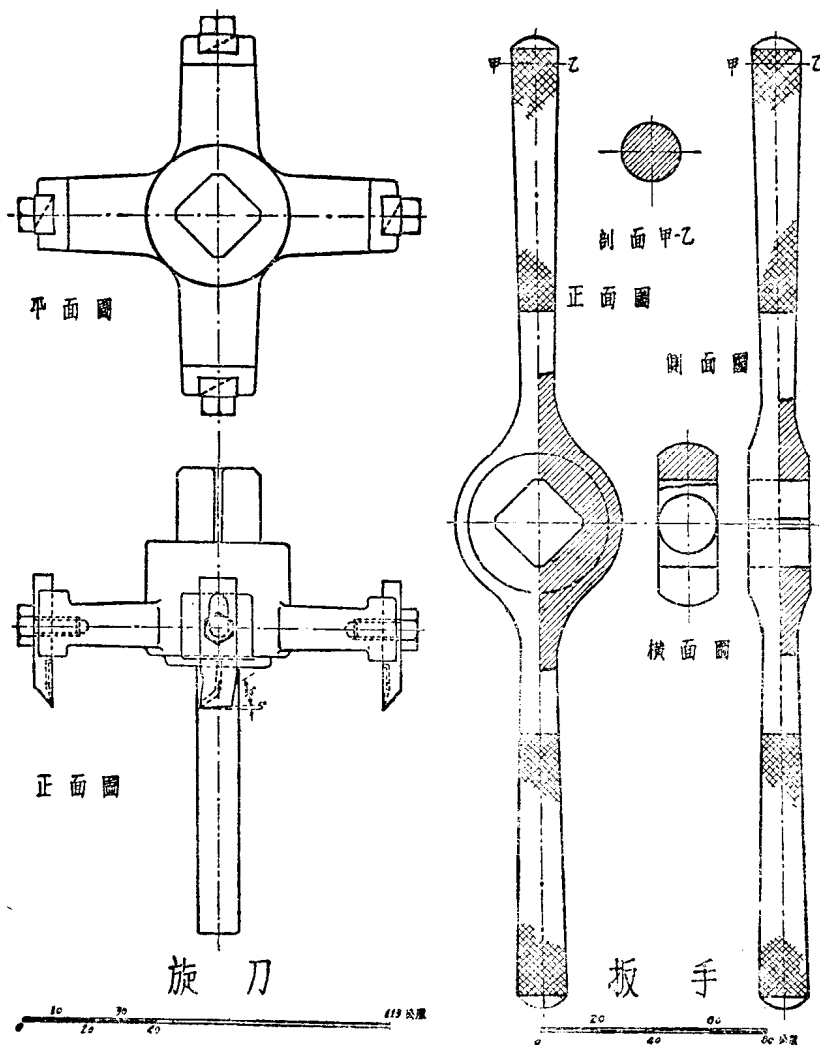
爲接點強度的控制因素？我們可以肯定地說：不會。裂環本身所受到的力，主要的是壓力（承着力）和剪力。鋼料的容許壓應力一般地多爲木料的十二倍至十四倍；因此，木料被壓壞之前，裂環是不會由於受壓而損壞的。按照現在所用的尺寸，6.5 公分內徑的裂環約略具有 8.6 平方公分的抗剪力斷面積，鋼料的容許剪應力按每平方公分 1,000 公斤計，它的總抗剪力有 8,600 公斤。但是一個這樣的裂環至多能使木料發揮一千多公斤的力量——也就是說，鋼料可能受到的剪力僅僅是它容許剪應力的八分之一（我們爲了使裂環與木料接觸得密切，必須要使裂環有相當的厚度。或者說，裂環要比由於抗剪力決定的厚度更厚一些，這倒不是防止裂環損壞，而是保證接觸的密切）。

根據上面的分析，我們可以重複說一遍：決定裂環接點的強度的，是裂環和木料接觸處的木料承着抗力。這是一個最基本，而又是重要的關鍵。

有了裂環的連接方法，我們可以把木結構的型式大大地擴展了。我們可以採用芬克式、扇式、華倫式等等桁架；我們不必再引用鋼料作爲桁架中的構材。

有些人認爲裂環接點雖有種種優點，但是挖槽是一件困難而又麻煩的事，總有一些討厭這種做法。實際上，挖槽子所需要的祇是第 3 圖所示的一個鑽圈。在木料上，先把裂環的中心地位劃出來，用普通的木鑽頭鑽好螺栓所需的眼孔；然後把鑽圈中心的軸塞進這個眼孔中，用馬達拖動鑽圈，就在木料上鑽成槽子了（也可以用搖把，以人工轉動）。鑽圈的齒的深度，或者鑽圈底盤面到齒尖的深度，就等於槽子的深度。鑽圈的寬度等於裂環的厚度。爲了使各件構材的槽子互相吻合起見，可以先把構材在地面上鋪成桁架的準確形狀，然後用普通木鑽，一次鑽透同一地位的各件構材。照這種程序做去，每一個技工每天可以完成

一百二三十個挖槽子的工作。這不論在設備方面，或是在人工方面，實際上都不會有什麼困難的。



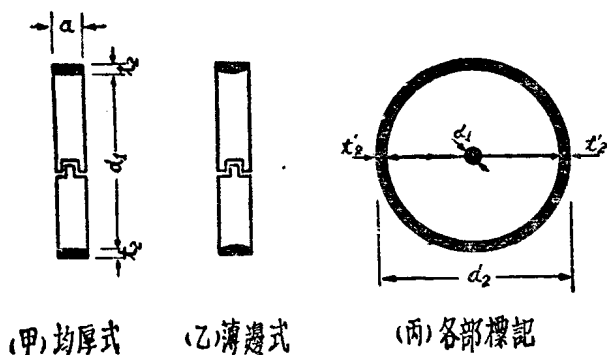
第 3 圖

又有些人認為裂環接點祇適宜於較大跨徑的桁架，例如十二三公尺以上者。實際上，在許多的情況下，不必在整個桁架中每處都採用裂環接點；而可以選擇幾個拉力接點的地方去採用。當然，在這種接點方法尚未推廣的時候，專爲了少數接點特別做起鑽圈，也是不方便、不經濟的。但是，這種方法推廣之後，鑽圈的設備普遍了，這種不方便也就自然消除了。

最後，我們不得不說明，這種方法也有一些缺點，例如，有的地方或者要用較寬的木料（如 25 或 30 公分），或是用較寬的聯板。但是，採購一塊 10 公分 $\times$ 30 公分的木料，總比採購一塊 30 公分 $\times$ 30 公分的木料要容易一些。再，我們也需要認識清楚，這種接點雖然使木結構的應用範圍大爲擴展，但它當不能完全是鋼結構或鋼筋混凝土結構的代替者。

第三節 裂環的形狀和尺度

裂環的形狀可以作成第 4 圖（甲）的樣子，也可以作成第 4 圖（乙）的樣子。前者的環厚是一致的；後者則作成外邊略薄，中心稍厚的樣子。在環的圓心地位，以螺栓一根貫穿各件構材。螺栓兩端有螺絲帽



第 4 圖

與墊板。本書所列圖表係按三種裂環內徑：6.5 公分、10.5 公分和 15.5 公分，計算而得；所述的環厚係指(甲)式，均勻厚度而言。依據這種情況，開列各部尺度和重量如第 2 表，作為製造和計算的標準。

第 2 表 裂環的尺度和重量

裂環號數		6½	10	15
裂 環	閉合時之內徑，公分。(d ₁)*	6.5	10.5	15.5
	高度，公分。(a)	1.90	2.55	3.20
	厚度，公分。(t ₂)	0.42	0.50	0.63
槽 子	內徑，公分。(d ₁)	6.5	10.5	15.5
	外徑，公分。(d ₂)	7.4	11.6	16.9
	寬度，公分。(t' ₂)	0.45	0.55	0.70
	深度，公分。(d' ₂)	0.95	1.27	1.60
螺栓直徑，公分。(b)		1.27	1.90	1.90
墊 板	圓 直徑，公分。	3.50	5.00	5.00
	形 厚度，公分。	0.25	0.40	0.40
	方 邊長，公分。	5.00	7.50	7.50
	形 厚度，公分。	0.32	0.48	0.64
重 量	裂環，每只重，公斤	0.135	0.343	0.795
	螺絲帽，圓墊板各一對，及夾置十公分厚木料所需之螺栓共重，公斤。	0.183	0.513	0.513
	螺絲帽，方墊板各一對，及夾置十公分厚木料所需之螺栓共重，公斤。	0.285	0.797	0.925
	木料厚度每增一公分，所增之螺栓重量，公斤。	0.0093	0.0214	0.0214

* 表列各代表字母，在理論分析時亦均使用之，可參閱第 4 圖丙及第 5 圖。

表列之裂環螺栓與墊板尺寸，不僅在強度方面足敷所需，並可以保

證受力時形變不太大，使鐵件與木料間的承着比較均勻。製作各鐵件時，宜以該項尺寸為準；惟因普通所製造之鐵件多可勝任此項工作，並不需要過高的精密度。

由於挖槽及鑽螺栓眼孔，使木料減去之斷面積，可自第3表查得。

第3表 由於裂環及螺栓，使木料減去之斷面積(平方公分)

裂環 號數	螺栓 直徑 (公分)	接觸面 *	木料厚度, t_1 , 公分							
			4	5	6.5	7.5	9.5	10	12.5	15
$6\frac{1}{2}$	1.27	一面	7.22	8.81	11.19	12.78	15.93	16.76	20.73	24.71
		二面	8.07	9.66	12.05	13.64	16.82	17.61	21.59	25.56
10	1.90	一面	10.28	12.50	15.83	18.05	22.49	23.60	29.15	34.70
		二面	11.69	13.91	17.24	19.46	23.90	25.01	30.56	36.11
15	1.90	一面	11.12	13.34	16.67	18.89	23.33	24.44	29.99	35.54
		二面	13.36	15.58	18.91	21.13	25.57	26.68	32.23	37.78

* 亦即係在木料上挖槽之面數。兩面有槽者，即稱為二面。其計算之一般式為：

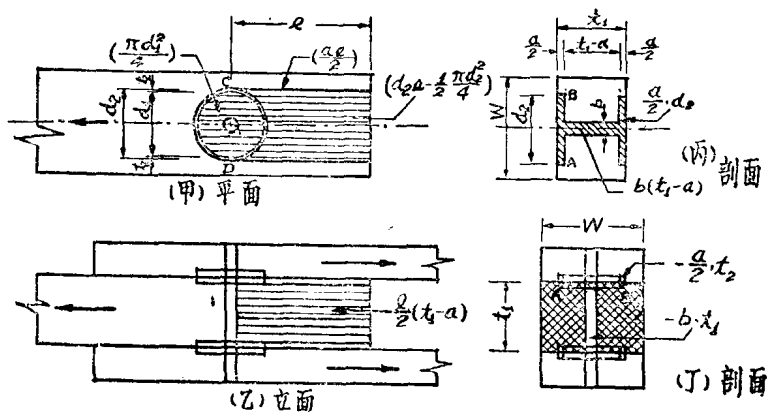
$$\text{一面} \quad (a \times t_2') + (b + 0.32)t_1,$$

$$\text{二面} \quad 2(a \times t_2') + (b + 0.32)t_1.$$

第二章 理論分析

第四節 裂環作用的分析

裂環對於木料所生之作用力，可以從理論作出合理的分析。如第5圖所示，為三塊木料聯成之拉力接點。對於木料所生的主要作用力，可以分為剪力、壓力與拉力三種。（甲）、（乙）兩圖中陰影的部份為在此情況下，木料具有的抵抗剪力斷面。（丙）圖的陰影部份，為木料具有的抵抗壓力斷面。（丁）圖的陰影部份為木料具有的抵抗拉力斷面。



圖例

-  剪力斷面
-  壓力斷面
-  拉力斷面

第5圖

抵抗剪力之斷面應包括下列各項：

(i) 圓心內木料對於裂環底邊 AB 之抗剪力；其面積為 $2\left(\frac{\pi d_1^2}{4}\right)$ ；

(ii) 自裂環外邊 C 點或 D 點，以至木料盡端一段內，對於豎向剪力之抵抗；其面積為 $2 \times 2\left(\frac{ae}{2}\right)$ ；

(iii) 自裂環底邊之外周圍，以至木料盡端一段內，對於平向剪力之抵抗；其面積為 $2 \times \left(d_2e - \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi d_2^2}{4}\right)$ ；

(iv) 自螺栓邊緣以至木料盡端一段內，對於螺栓邊緣所生剪力之抵抗；其面積為 $2 \times (t_1 - a) \times e$ ；但螺栓與裂環未必能同時受力，而螺栓受力時又非在全長上均佈者，再因螺栓兩面邊緣相距甚近，此兩抗剪力面可能互相影響；所以，此部份抗剪力面積祇可照前列者之 $\frac{1}{4}$ 計，亦即為 $\frac{1}{4} \times [2(t_1 - a)e] = \frac{e}{2}(t_1 - a)$ 。

由此可知，總的抗剪力（指整個周界而言）斷面積應為

$$\begin{aligned} & 2\left(\frac{\pi d_1^2}{4}\right) + 2 \times 2\left(\frac{ae}{2}\right) + 2\left(d_2e - \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi d_2^2}{4}\right) + \frac{e}{2}(t_1 - a) \\ & = \frac{\pi d_1^2}{2} + 2d_2e - \frac{\pi d_2^2}{4} + \frac{3}{2}ae + \frac{et_1}{2} \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

倘以 f_v 為木料的單位抗剪力，則此接點之抗剪力為

$$S_v = f_v \left(\frac{\pi d_1^2}{2} + 2d_2e - \frac{\pi d_2^2}{4} + \frac{3}{2}ae + \frac{et_1}{2} \right) \dots\dots\dots (1a)$$

抵抗壓力之斷面應包括下列各項：

(i) 裂環外周圍與木料之接觸面；其面積為 $2 \times \left(\frac{ad_2}{2}\right)$ ；

(ii) 螺栓與木料的接觸面；其面積為 $b(t_1 - a)$ 。

由此，總的抗壓力斷面積應為

$$\left[2\left(\frac{ad_2}{2}\right) + b(t_1 - a) \right] = ad_2 + b(t_1 - a) \dots\dots\dots (2)$$

吾人又知木料在順木紋方向的抗壓力，與在跨木紋方向的抗壓力不同。設 θ 為垂直木紋面與接觸面的交角， p 為順木紋單位抗壓力， q 為跨木紋單位抗壓力，則可按照 $Kp = \frac{1}{\frac{p}{q} \sin^2 \theta + \cos^2 \theta} \cdot p$ 之公式，計算

在斜面上之單位抗壓力。但現在所有的接觸面，既不與木紋順沿，又不與木紋垂直，且不為一個平的斜面。由於裂環與螺栓都是圓柱體，接觸面是一個圓弧面，因此不能以 Kp 作為其單位抗壓力；應當另以一個係數 Z 來求其單位抗壓力 (Zp)。這個係數 Z 與 $\frac{p}{q}$ 有關，關於推算的詳細方法，可參閱第四章附錄(甲)。由此，此接點之抗壓力應為

$$S_c = Z \cdot p \cdot [ad_2 + b(t_1 - a)] \dots\dots\dots (2a)$$

抵抗拉力之斷面，應為減除裂環與螺栓所佔面積後之淨斷面，其面積為

$$t_1 W - bt_1 - 4\left(\frac{a}{2} \cdot t_2\right) = t_1(W - b) - 2at_2 \dots\dots\dots (3)$$

若木紋為連續的，此面積乘以單位抗拉力即得總的抗拉力。但在接點處木紋突破割斷，由於形狀驟變，單位抗拉力亦降低。經實驗得知，在此情況下，木料的單位抗拉力約略等於單位抗壓力。按此修正之，則此接點之抗拉力應為

$$S_t = p[t_1(W - b) - 2at_2] \dots\dots\dots (3a)$$

根據上列的分析，可知裂環接點對於剪力、壓力或是拉力的抵抗，是可以合理公式求得出來的。

第五節 裂環接點之強度

在第二節裏，已經說明了接點的強度，不是由裂環鋼料的抵抗力決定的，而是由木料的抵抗力決定的，並且應當由木料的抗剪力、抗壓力或抗拉力三者中的最弱一項來決定。