

鋼筋加工之技巧

朱鏡清

前言

先向讀者介紹石門水庫建設委員會大壩工程處鋼筋工廠的設備。本廠原為大壩工程處鋼筋工程隊，負責本處各工程鋼筋加工、組立及混凝土中埋設物的施工。最盛時擁有四名職員，一百名特種技工。經過本隊加工及組立之鋼筋，已超過三千多公噸。現在改為鋼筋工廠後，有四名職員，三十名特種技工。本廠有

機器兩部，一部7.5HP切鋼筋機，自鋼筋組立用20#鍍鋅鐵絲，至12#鋼筋(38mm ϕ)，均賴此機器來切斷。此機器對加工之進行貢獻很大(看照片一)。其次為5HP彎鋼筋機，此機固定軸為直徑3" ϕ ，外面的套軸最小為5" ϕ ，最大為12" ϕ ，按鋼筋之大小而更換，此機亦可兼彎二吋以下之標準黑鐵管(或鋁管)。彎鐵管即另外做Pipe die及Pipe Roller(如照片2)，

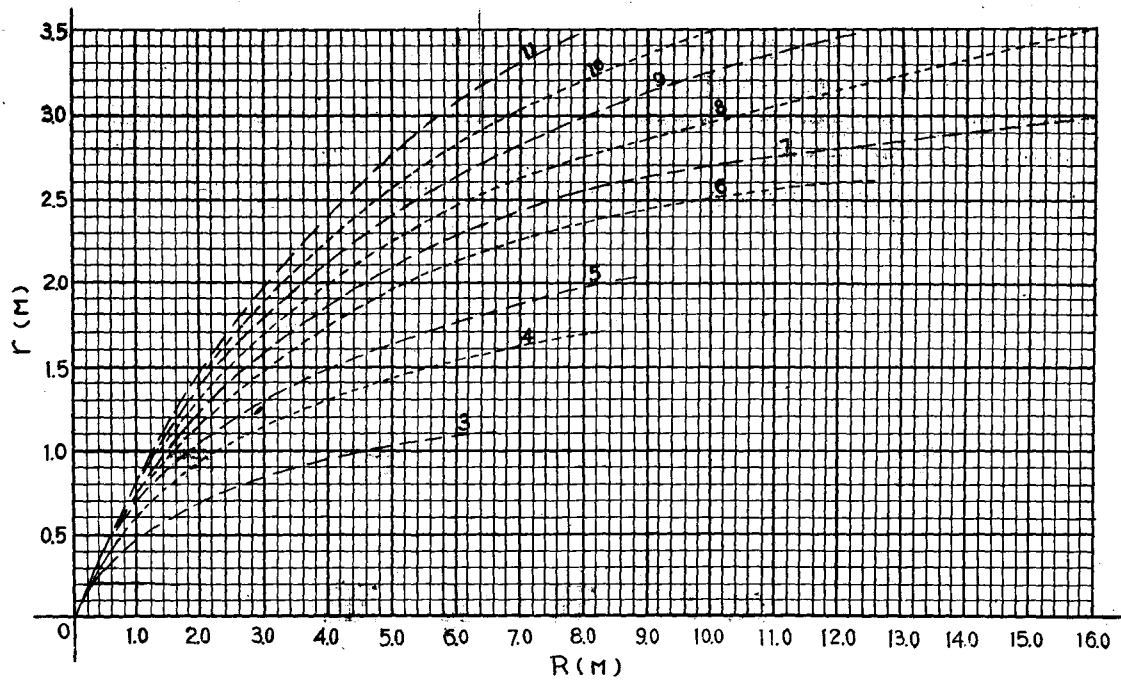
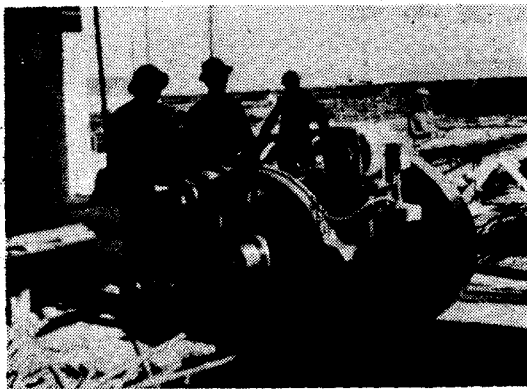
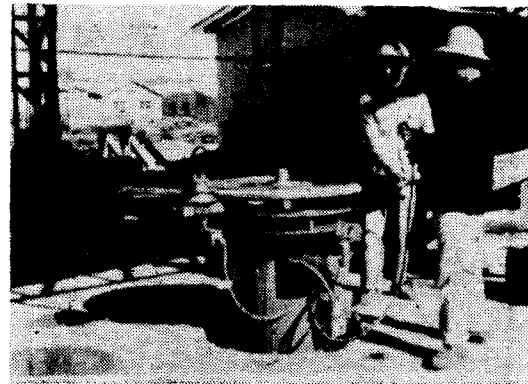


圖1. 鋼筋圓弧半徑 (R) 與加工模型半徑 (r) 關係曲線圖



照片1. 本廠7.5HP切鋼筋機



照片2. 5HP彎鋼筋機在彎1.5" ϕ 標準黑鐵管時之情形

Pipe die 即按所需半徑大小而定製，本廠只有 0.45^m 一種，彎鐵管時，無須在管內填滿砂，彎鋼筋或管子時用二個 Limiting Switch（在右照片 2 中附着於最下盤者）來固定其角度，此二個 Limiting Switch 可在下盤任何位置固定，按前進(Forward)電鈕後，即在二個 Limiting Switch 內做一往復運動，在運動進行中，按停止的電鈕即可隨時停止，停止後並可按倒轉的電鈕後即可倒轉，使用相當靈活。其他即固定廠房一座，辦公廳一座，工作台 3.5^m×4.5^m 一台（專為加工壓力隧道鋼筋而做），2^m×9^m 二台，最大容量技工 15 名，最經濟容量為 12 名，此設備在台灣鋼筋加工方面算是最完美的了。

本處技工係採計時制，即每天按工作時數（規定八個小時）發給工資，因此工作效率就比包工制的差得多。為了增加工作效率，使加工科學化，才想出下面的種種方法，使大家認為最困難的圓形或複合圓形鋼筋加工的問題，大大的解決，使它的加工速度增加，使其加工成本低至讀者們不敢相信之程度。

1 圓形鋼筋加工及鋼筋圓弧半徑 R 與加工模型半徑 r 之關係曲線圖

經驗告訴我們，鋼筋經過圓形模型加彎後，彈回來的形狀也是圓形的，因此在我們的加工過程前，必須先試試此模型半徑，假若每一個半徑都是經過這種試驗，即甚浪費時間，因普通試一個半徑最快也需二小時以上，此時工人均在工作台邊觀看，因此而耽誤的工錢為數可觀，且在爭取時間上不能趕工，本處主要工程計十五公尺經導水隧道（15^m diversion unnel）及其出口順壩（Outlet Flume）（已完工），溢洪道（Spillway），電廠進水口（Power Intake），二孔壓力隧道（No.18 No.2 Penstock Tunnel），發電廠（Power House），臨時出水口（Temporary River Outlet），永久出水口（Permanent River Outlet），石門大壩進水口隧道（shihmen canal intake）（後三項係小隧道）等，所需的半徑各種各樣都有，因此非做一個曲線圖來解決這個問題不可，實驗時按不同的半徑，自 0.5^m 至 3.5^m，每 0.5^m 做一個試驗，模型圓弧用 2" 厚 1 呎寬木板鋸成上列各種半徑的骨板（木製弧形板），用 3~5 支 5" 釘，釘在工作台上，用不同尺寸之鋼筋 3#~11# 加彎，加彎後放在地上，量其半徑，取其平均，然後點在圖上而劃出次頁曲線圖（圖 1），圖內所表示的號碼為鋼筋號碼，鋼筋係 A.S.T.M. 規

範，唐榮工廠製品（請看附表）。

本實驗係本廠蘇瓊耀先生主持，並得本廠員工之通力合作，在此表示十二萬分之謝忱。

此圖製成後，即利用此圖找出壓力隧道用各種尺寸鋼筋的各種模型半徑（r）來加工，加工後與實際的鋼筋圓弧（R）相符。加工前先在此圖水平軸上，找要加工之鋼筋圓弧半徑（R），然後垂直上去與所需加工之鋼筋曲線相交於一點，再水平向左讀得模型半徑（r），在工作台上釘此半徑（r）的模型，其長度須與實際上所需的長度一樣，或較長，如工作台較小無法一次釘其模型半徑時，須反復加彎，即較費時間而已，下面係一個圓形鋼筋加工之實例：

例 8×鋼筋加工（8係代表鋼筋號碼，×係鋼筋形狀。）

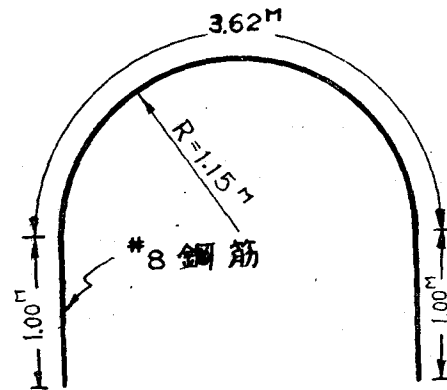
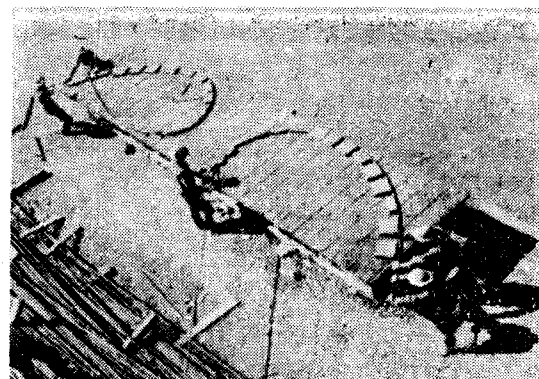
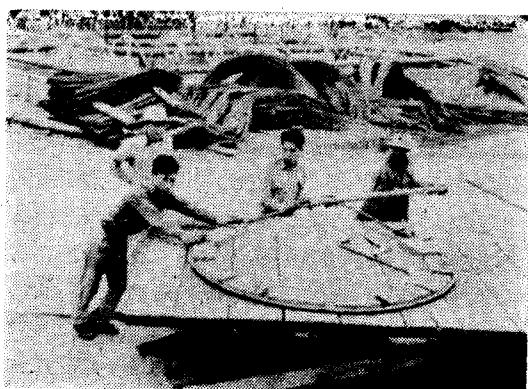


圖 2. 8×鋼筋形狀

此鋼筋如圖 2，用在大壩灌漿廊道（Embankment dam foundation Grouting Gallery），由曲線圖（圖 1）找得模型半徑 $r = 0.90\text{m}$ ，即在工作台釘模型半徑 $r = 90\text{cm}$ ，弧長 3.8^m，然後在一端釘鋼筋固定用鐵板，然後自此端量模型半徑的弧長等於 3.62^m 處做記號，即可開始加彎，彎鋼筋時，先讓鋼筋之一端從模型半徑的一端出來 1.00^m，然後開始加彎，彎至弧長 3.62^m 處停止，然後取鋼筋下來即得如上之鋼筋。

照片說明：照片 4 係 8×鋼筋加工情形，右邊可以看到鋼筋固定板，且鋼筋係從這一端的模型半徑出來 1.00^m。（右邊技工拿的為 2" ϕ 黑鐵管，套在鋼筋上，這樣加長後較為省力。後面所看到的圓形鋼筋係 6 Y（ $R = 1.15\text{m}$ ）鋼筋，也是用在 grouting gallery。



照片4. 8×鋼筋加工情形

照片說明：7DT鋼筋加工實況：先在右邊模型加彎後再移到左邊模型加彎。欲使各位讀者明瞭起見特用二組工人，做兩工不同的動作。

表一 A.S.T.M.鋼筋尺寸表

B A R DESIGNATION	Diameter		Perimeter		Cross-Sectional Area		Weight	
	in	cm	in	cm	in ²	cm ²	lb/ft	kg/m
2	0.250	0.635	0.786	1.996	0.050	0.323	0.167	0.248
3	0.375	0.952	1.178	2.992	0.110	0.710	0.376	0.559
4	0.500	1.270	1.571	3.990	0.200	1.290	0.668	0.994
5	0.625	1.587	1.963	4.986	0.310	2.000	1.043	1.552
6	0.750	1.905	2.356	5.984	0.440	2.839	1.502	2.235
7	0.875	2.222	2.749	6.982	0.600	3.871	2.044	3.041
8	1.000	2.540	3.142	7.981	0.790	5.097	2.670	3.973
9	1.128	2.865	3.544	9.002	1.000	6.451	3.400	5.059
10	1.270	3.226	3.990	10.134	1.270	8.193	4.303	6.403
11	1.410	3.581	4.430	11.252	1.560	10.064	5.313	7.906

2. 利用鋼筋圓弧半徑(R)與加工模型(r)曲線圖加工鋼筋之實例

(1) 11DS鋼筋加工：

11DS用於石門大圳進水口隧道，其尺寸如圖3，先在曲線圖11#曲線找 $R=1.40^m$ 時之模型半徑，得 $r=1.13^m$ ，即在工作台上釘 $r=1.13^m$ 的模型半徑，弧長等於 2.60^m ，然後在弧長 2.48^m 處做記號，用三個技工，拿11#，5.9^m鋼筋彎雙頭得如圖4之形狀。然後再用彎鋼筋機 (Bending machine)，彎直線與曲線相切處，即成如圖3之鋼筋。用彎鋼筋機彎角度不但可以省人工，且所彎之角度很整齊，如無此機，即放在工作台上，用人工加彎。

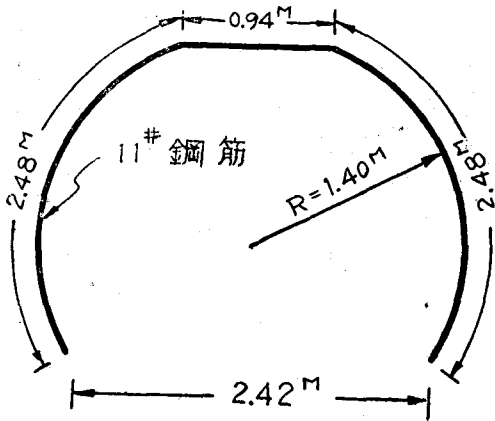
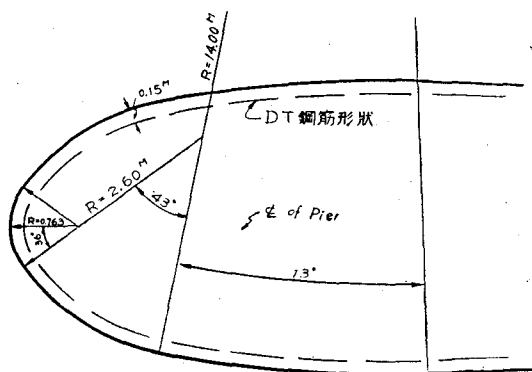


圖3. 11DS鋼筋形狀

(2) 溢洪道 Pier nose 8DT, 10DT, 7DT 鋼筋加工：

溢洪道Pier係由三個不同半徑 0.763^m ， 2.60^m 及 14.00^m 組成如下圖5。



圖五. Spillway pier nose

溢洪道共5個pier，此pier的鋼筋，在 $EL228.00 \sim EL236.50$ 的環筋為8#鋼筋，垂直者為10#鋼筋。 $EL236.50 \sim EL241.80$ 環筋為10#，垂

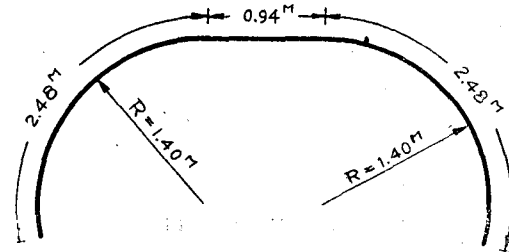
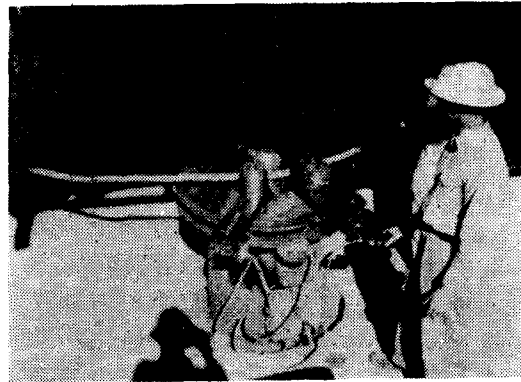


圖4. 11DS雙頭加彎後之形狀



照片5 示用Bending machine 彎直線與曲線相切處，此時第一段已彎好，正在彎第二段的情形。

直者為8#鋼筋， $EL241.80 \sim EL251.00$ 環筋及垂直者係為7#鋼筋，計

$EL228.00 \sim EL236.50$	8DT	$28 \times 5 = 140$ 支
$EL236.50 \sim EL241.80$	10DT	$18 \times 5 = 90$ 支
$EL241.80 \sim EL251.00$	7DT	$24 \times 5 = 120$ 支

看了第一層， $EL236.50$ 以下鋼筋圖，即想起15^m經導水隧道pier的鋼筋加工情形，此時鋼筋係包工制，工人每天工作時間十小時，每天五個技工只能彎10根左右。但現在工人均改為計時制，假若要用人工彎這個鋼筋，恐怕五個人彎不到10根，假若接頭不按照設計圖，改為在pier的中間相接，即可以增加加工速度，但再增加也不會超出15根左右，且在中心線相接，即組立鋼筋時較麻煩，因此就決定不在中央留接頭，而按照圖上加工。此時上述之曲線圖尚未做成，因此即帶了三個熟練技工找8#鋼筋的模型半徑，找了足足八個小時，終於找到三個不同半徑如下：

鋼筋半徑 (R_1)	$= 0.613^m$	得模型半徑 $r_1 = 0.51^m$
"	$R_2 = 2.45^m$	" $r_2 = 1.52^m$
"	$R_3 = 13.85^m$	" $r_3 = 3.32^m$

並計算各段所需鋼筋長度得：

$$L_1 = 2 \times 0.613 \times \pi \times \frac{36^\circ}{360} = 0.385^m$$

$$L_2 = 2 \times 2.45 \times \pi \times \frac{43^\circ}{360} = 1.84^m$$

$$L_3 = 2 \times 13.85 \times \pi \times \frac{13^\circ}{360} = 3.142^m$$

因pier的三個半徑依次互相相切，因此我們也讓此模型半徑依次相切，因此就在工作台上劃了 $r_1=0.51^m$, $L_1=0.77^m$ (兩倍長) ; $r_2=1.52^m$ $L_2=1.84^m$; $r_3=3.32^m$ $L_3=3.14^m$ 之曲線，如圖6，然後用 0.5^m , 1.50^m 及 3.0^m 骨板，依此曲線釘在工作台上，然後在pier nose的前面 (模型半徑 $r_1=0.51^m$ $L_1=0.77^m$ 的起點)，釘鋼筋固定釘，一切準備安定後，即開始彎鋼筋，鋼筋每根長 12.5^m ，在中間做記號，使鋼筋加彎後，此中心點與放在工作台上的中心點相合。加彎後，取下來放在劃有該pier樣的水泥地上，比一比得與樣板完全相同的鋼筋，因此即在二台 $2^m \times 9^m$ 的工作台上，釘了相同而方向相反的模型，用8個技工，4個技工一台，甲台彎中心線左邊，即交給乙台彎中心線右邊，這樣每二分鐘可以彎一根鋼筋，彎後每一根的形狀都是相同的。(請看照片)

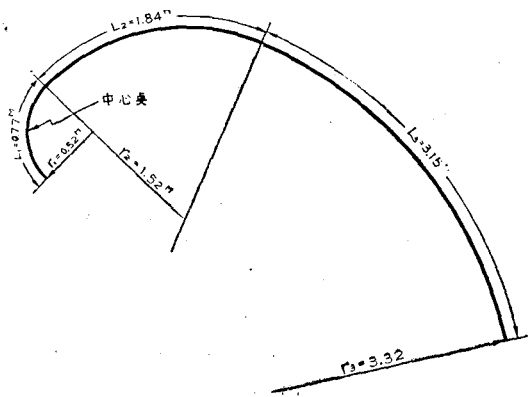


圖6. 放在工作台上之模型半徑

第二層，EL236.50~EL241.80，環筋係10[#]鋼筋，此時上述曲線圖已製成，由曲線圖，找出各種半徑如下：

鋼筋半徑 $R_1=0.613^m$ 模型半徑 $r_1=0.52^m$

$L_1=0.385^m$

鋼筋半徑 $R_2=2.45^m$ 模型半徑 $r_2=1.65^m$ $L_2=1.84^m$



照片6. 技工們正在彎8DT的情形，工作台約略可以看出在工作台釘模型半徑之情形。



照片7. 成堆之8DT每根的形狀都是相同的。鋼筋半徑 $R_3=13.85^m$ 模型半徑 $r_3=3.85^m$ * $L_3=3.14^m$

* 在曲線圖內沒有此值，因此將10[#]鋼筋曲線順延出去，量得其半徑 $r_3=3.85^m$ 。

此時工作較忙，無法利用兩台工作台，因此將 $2^m \times 9^m$ 工作台，補上 0.8^m ，即在工作台兩端，釘相同，方向相向的模型半徑，如下圖7，用5個技工連續工作，即在右端加彎後，再移至左端加彎。這樣工作效率要比在兩個工作台工作時為高，這樣每根 12.5^m 長鋼筋，加彎時間在 $1.5 \sim 2.0$ 分鐘內。

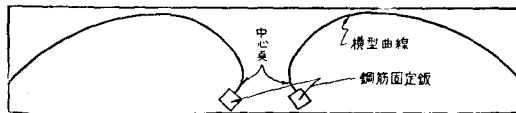


圖7. $2^m \times 9^m$ 工作台，釘10DT模型曲線圖 同理EL241.80~EL251.00，7DT鋼筋的各種模型半徑，由曲線圖得如下：

鋼筋半徑 $R_1=0.613^m$ 模型半徑 $r_1=0.52^m$

" $R_2=2.45^m$ " $r_2=1.42^m$

鋼筋半徑 $R_3=13.85^m$ 模型半徑 $r_3=2.90^m$

加工時，與10DT相同，即在一工作台釘方向相反的模型半徑，由三個技工繼續加彎。

以上7DT，8DT，10DT加工所需時間相同，所不同的7DT，須三個技工，8DT需4~3個技工，10DT須5個技工而已。

(3) 6DT鋼筋加工：

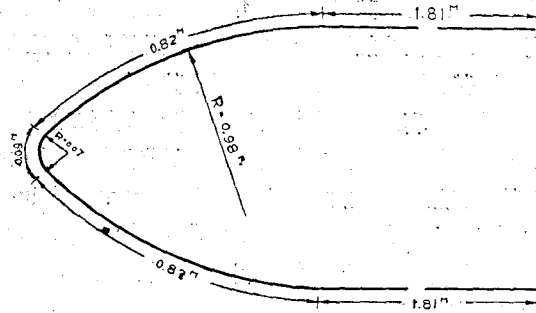


圖8. 6DT形狀

此6[#]鋼筋形狀如上圖8，此鋼筋用於後池堰的 pier nose，它由半徑0.07^m及半徑0.98^m相切而成，看樣子與溢洪道 pier nose 相似，但由於第一個半徑只有0.07^m，因此無法像溢洪道 pier nose 的方法來加工，先在曲線圖找得 $R=0.98^m$ 6[#]鋼筋模型半徑得 $r=0.72^m$ ，在工作台上，釘模型半徑 $r=0.72^m$ 的圓弧，其長度等於1.80^m左右，並在模型半徑的一端，釘鋼筋固定鉚，讓鋼筋的一端，從模型半徑的一端出來的長度等於1.81^m，然後加彎至1.73^m(0.82+0.09+0.82)處停止，並在中間0.865^m處做記號，彎後之鋼筋取下來放在彎鋼筋機(用6[#]φ套軸)，鋼筋的中心放在該機加彎處加彎即得如圖8之鋼筋，(如無彎鋼筋機，可用人工加彎)。

除以上所述以下，尚有其他形狀鋼筋的加工，但除了直的鋼筋以下，均可利用模型半徑法及彎鋼筋機，交互使用，使其成品整齊劃一，且使技工們所附出的勞力降低至最低限度。

3 關於利用模型半徑的幾個問題

利用模型半徑來加工，可以增加速度，減少成本，但讀者必定要問，假若每一個半徑都要做其骨板，即甚不方便，有的根本沒有設備，來鋸模型半徑的怎辦呢？這很簡單如各位在各工地，均有很多的廢木料，就利用廢木料，鋸成2[#]×6[#]×8[#]而在工作台上劃我們所需要的模型半徑，然後這2[#]厚的的木板的6[#]邊兩角，與模型半徑線相接觸，(接觸點愈多圓弧愈圓滑)每隔2[#]~6[#]釘一個，至我們所需要的長度為止，如

圖9。經過這樣加工後的鋼筋，即係由小直線做成的曲線，這對於外觀及鋼筋組立均沒有影響，如模型半徑小至50^{cm}，即所使用的木頭，可改為2[#]×2[#]×4[#]，而使2[#]邊的兩角與其模型半徑相接觸。

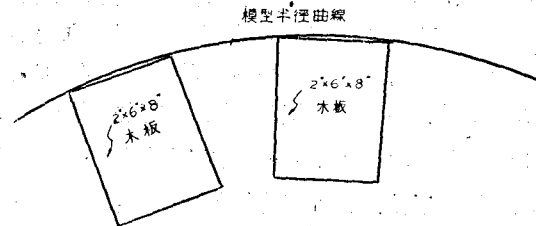


圖9.

本廠所使用的骨板的半徑，計有半徑0.5^m，1.0^m，1.5^m，2.0^m，2.5^m，3.0^m，3.5^m等，各骨板係2[#]厚，12[#]寬木材鋸成，如模型半徑係在0.5^m~0.8^m，即用0.5^m半徑的骨板，模型半徑在0.8^m~1.3^m，即用1.0^m半徑的骨板來使用，如此類推，這樣加工後的鋼筋，即由比我們所需要的半徑較大或較小的小曲線做成(看骨板的半徑比模型半徑大小而定)。因此你若不詳細的看，即看不出來此鋼筋係由不同半徑的小圓弧做成的。

上面鋼筋圓弧半徑與加工模型半徑關係曲線圖，係A.S.T.M.規格，唐榮工廠製品，實驗出來的，假若換了別工廠出品的鋼筋，其成品，尺寸，規格，不儘相同，如市面上的25^{mm}φ鋼筋，即可利用8[#](25.4^{mm}φ)曲線，此時加工鋼筋的圓弧如小於1/4圓周以下，即利用上表加工後看不出來有任何差別，假若在1/2圓周或以上，我們即用上面的模型半徑加工後，放在水泥地上，與地上的樣板比一比，如有誤差，將其半徑改一改就好了。此時相似或近似鋼筋尺寸(size)的模型半徑修改值，大概在0.10^m±以下。

模型半徑愈大，即其所容許的誤差也較大，如我們需要11[#]鋼筋，半徑8.0^m，即按其圖表查出來的結果為模型半徑3.50^m，但我們如用3.20^m~3.80^m模型半徑來加工，此鋼筋運至工地後還照樣可以組立起來，這是因為鋼筋有彈性，工地組立時，可以讓它的半徑大一點或小一點。

結 論

以上讀者可以明瞭利用模型半徑加工之方法，利用此方法加工鋼筋時，約有下列幾個利點：

- (1) 加工速度增加，減低成本：如溢洪道 pier

nose的10DT (12.5^m長)，鋼筋加工，每一根所需的時間約1.5分~2.0分，每5個技工，每天工作八小時（純粹用於加工之時間為四小時，其他四小時為準備工作，休息及吃飯等）即四個小時可加工120支， $6,403 \times 120 \times 12.5 = 9,604\text{kg}$ ，本廠工人平均工資，每小時5.5元，每人 $5.5 \times 8 = 44$ 元，即所費的工錢為220.00元，每噸成本 $220/9,604 = 23.00$ (N.T.\$.) 如用人工加彎，即須六個人，每天只能加彎10支，（彎這種鋼筋時，鋼筋平均一半在工作台上，一半在工作台外，工人加彎這種鋼筋非常吃力）。

$6,403 \times 10 \times 12.5 = 800\text{kg}$ ，每噸成本 $6 \times 44 / 0.8 = 330.00$ (N.T.\$.) 相差達14倍。

(2) 用此法不要熟練技工：用此法加工鋼筋，可以不要熟練工人，只要有力氣，勤以工作的工人，如有國民學校畢業即可以勝任，工作前只要給技工們講解十分鐘就可以開始工作，如用人工彎的話，彎10DT鋼筋的兩端，須要有工作三年以上的技工，扶持鋼筋，工作台前，須要一位至少四年以上經驗的技工，才能彎好，在台灣正在推行加速經濟發展的時候，要找三年以上經驗的鋼筋工，不易找到，且用人工加

彎，即每一根的形狀，可能有點出入。用模型半徑法加彎，每一根都是相同（除非鋼筋品質不均勻）。

(3) 可以附帶的檢查鋼筋品質：本廠鋼筋的來源，大部份係唐榮鐵工廠，該廠最近出品的鋼筋，品質甚均勻，本處曾向某廠訂購一批鋼筋，此批鋼筋品質不甚均勻，在加彎壓力隧道鋼筋時，發現每一根加彎後的形狀，都不大相同，此鋼筋經過彎鋼筋機加彎後，發現折斷率甚高，因此檢查鋼筋品質時，也可以利用模型半徑法加彎後，看其彈回來的形狀是否相同，如不甚相同，即表示鋼筋品質不甚均勻。

總之，利用此法6^{**}以下鋼筋，只要二個人，7^{**}及8^{**}鋼筋，要三個人，9^{**}-11^{**}鋼筋，要四個人就可以加工，加工成本在 Temporary River Outlet High Pressure Gate Chamber 的漸變段中，每根的形狀都不一樣，利用此法加彎後，計算其加工成本，每公噸約在台幣120.00以下，其他標準段，決不會超過台幣60.00以上，利用此法加彎時，鋼筋愈長其成本愈低，蓋其加彎的手續及時間，相差有限，如用於大的隧道 (I.D.4.50^m以上) 每噸的加工成本，大概不會超過台幣30.00元吧！

建 國 營 造 廠

經 理 陳 金 灶

地 址 新 竹 市 光 復 路 736 號

電 話 7 6 5 號