

079569

86586  
KCL

36-28  
KCL

99196

11 1961

# 鐵路橋梁試驗

В·К·略 楚 林

В·И·克雷日阿諾夫斯基

鐵道研究所

著  
86  
KCL  
譯



人民鐵道出版社

# 鐵 路 橋 梁 試 驗

B·K·喀 贊  
B·H·克雷日柯諾夫  
鐵 道 研 究 ！

人 民 鐵 道 出 版 社

一 九 五 五 年 · 北 京

本書是從 В·К·Качурин 及 В·И·Крыжановский 合著的『橋梁檢驗』（一九三二年蘇聯國家鐵路運輸出版社）一書的第三、四兩章中選出的，是關於鐵路橋梁靜動力試驗方法、程序以及結果的分析整理方面的寶貴資料。這一文獻雖遠在一九三二年出版，但因這種資料目前在國內還不多，復由於它對於我國鐵路現場橋梁檢驗工作具有很現實的指導性價值，故將其翻譯介紹出來，以供現場橋梁試驗人員、工程人員及研究人員參攷之用。

譯者爲鐵道研究所結構研究組許乃武。

## 鐵 路 橋 梁 試 驗

節譯自 В·К·КАЧУРИН, В·И·КРЫЖАНОВСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ МОСТОВ

蘇聯國家鐵路運輸出版社（一九三二年莫斯科—列寧格勒俄文版）

ОГИЗ ГОСТРАНСИЗДАТ

МОСКВА-ЛЕНИНГРАД 1932

鐵道研究所譯

責任編輯 趙洪鑫 責任校對 金兆蘭

人民鐵道出版社出版（北京市霞公府十七號）

北京市書刊出版營業許可證出字第零壹零號

新 華 書 店 發 行

人 民 鐵 道 出 版 社 印 刷 廠 印

（北京市建國門外七聖廟）

一九五五年三月初版第一次印刷平裝印1—3,080冊

書號：295 開本850×1143 1/32 印張2 3/4 36千字 定價（8）2角9分

# 目 錄

|                     |    |
|---------------------|----|
| 橋梁靜力試驗 .....        | 1  |
| 橋梁動力試驗 .....        | 8  |
| 試驗結果的整理 .....       | 11 |
| I. 靜力試驗結果的整理 .....  | 11 |
| 1. 計算纖維應力 .....     | 18 |
| 2. 計算軸向應力 .....     | 22 |
| II. 動力試驗結果的整理 ..... | 31 |

## 橋梁靜力試驗

這裏我們準備主要談一談鋼橋的試驗。如河上所架橋梁是他種材料的，在這裏只順便提一下。

橋梁試驗時，普通是決定個別構件的應力和總的變形。總的變形必須包括：確定桁架的撓曲，確定橋梁端部水平方向上的位移，此位移是屬於活動支座的，以及其他如半穿式橋上弦的水平變形等等。所有這些變形都是利用撓曲儀來測定的。

非常明顯，開始的工作當然是安裝儀器。撓曲值一般都是在橋梁跨度中部測定<sup>①</sup>。大家知道，在這個地方撓曲值最大。撓曲值的測定通常是在兩邊桁架上同時進行。

測定應力時，如只在一個構件上安裝一個儀器是不夠的。爲了明確地說明構件的作用情況起見，在一個斷面上至少要設置三個儀器。

在這裏立刻就發生了一個問題，就是如何選擇構件以測定應力。這個問題要看試驗的目的如何而定。很顯然，如果是研究性質的話，那末就是把儀器安裝在應力最小的構件上也是可以的。如果給我們的任務是找出最弱的、有控制作用的、最大應力的構件，那末最好是先作計算。把理論上應力最大的構件選作試驗。假定說，根據某種理由我們決定測量靠邊第二根斜桿的應力（圖1）。但是二個斜桿（完全相同的）之中究竟選1'-2還是選10-11'呢？爲了解決這一問題，應當注意到二個構件的影響綫

① 如說到「撓曲值」且同時沒有限定是那一點，則普通所指的就是橋梁跨度中部的撓曲值。

圖，如圖 1 所示，並應注意到試驗的荷載位置與橋梁的關係。不管目的是什麼，我們最好選擇二個構件中應力最大的來做試驗，因為此時儀器的記錄可以最清楚。根據圖 1 所示，荷載的性質及其分佈使斜桿 10-11' 可以滿足這個要求。實際上，爲了求得最大的應力，必須加荷載於

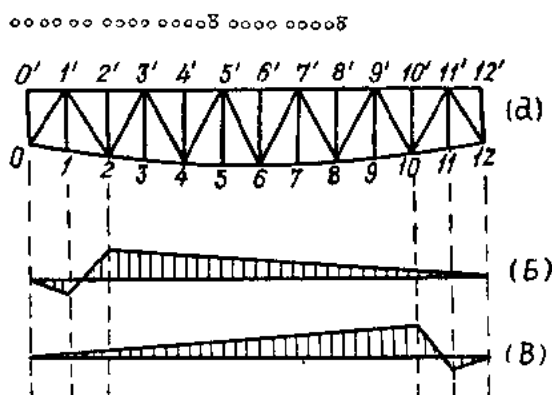


圖 1.

影響綫正的地段，因為其負的部分面積極小。同時，荷載的分佈應使其最大的重量正好在加荷載地段影響綫縱坐標最大處。按我們的荷載性質及其分佈，顯然 1'-2 斜桿不能滿足此項要求。因此，必須選擇 10-11' 桿。但是在現有鐵路橋梁中選擇兩個構件的任何一個區別都不大，因為荷載與橋梁的關係可以這樣分佈也可以轉過來分佈，視方便而定。

還有一個問題必須預先決定，就是能不能同時試驗兩三個構件。這個問題是很有意義的，因為作橋梁試驗時，如荷載需要經常通過，將受到時間限制；同時試驗幾個構件可以使時間節省很多。這裏又應當注意到決定要試驗的構件的影響綫的性質<sup>●</sup>。假如，所選定的構件需要橋梁上活荷載或多或少有相同的分佈時，那末它們就應當同時作試驗。譬如，中部節間的弦桿（上弦或下弦）當全橋上有荷載時應力最大。這樣的荷載分佈對於求最大撓曲值也同樣需要。同時作這二部分試驗就成爲適當的。可是，同時作中部斜桿及中部節間弦桿的試驗是比較不恰當的，因

● 此時我們假定試驗的目的是發現所選構件的最大應力。

爲斜桿所需的是一半橋梁上有荷載，而弦桿則需全橋有荷載。但是從另外一方面來看，中部斜桿及中部節間弦桿又可以同時由一個觀測者來進行觀測。如橋梁試驗機構人員不多時，這一點就有極大的意義。

假定說，根據某種理由我們作某幾個構件的試驗。這時在所選定的構件中就產生了安裝儀器的問題：一個是儀器安裝在構件全長的什麼地方？一個是幾個儀器安裝在什麼地位（纖維）上？爲了說明起見，我們試回憶一下，普通我們計算桁架時，是把它當作彼此以理想的鉸相互聯接的構件體系。這樣假定以後，我們所得到的構件只受軸向力：拉力或壓力。實際是不是這樣呢？非常顯然，不是的。在變形時，構件趨向彼此相互轉動，但是節點鉸阻止這種轉動，從而產生了彎矩，桿件在全部長度上受到撓曲。由於撓曲，就產生附加應力。它加在軸向力所引起的主應力上。主應力沿構件全長都是同一個數值（在構件斷面面積一致時）。而附加應力在彎矩最大處，也就是在桁架節點處最大。如果我們想找到最大應力，則儀器應該安裝在此處。

除了作用在桁架面內因節點剛度所產生的彎矩以外，構件在另一平面內的撓曲也產生彎矩；即橫向聯結系及橫梁等所引起的彎矩。我們以  $M_x$  及  $M_y$  來表示這些彎矩。

斷面中任一點的應力（忽略扭轉的影響），大家知道可由下列公式求得

$$p = -\frac{P}{F} \pm \frac{M_x \cdot X}{I_x} \pm \frac{M_y \cdot Y}{I_y}, \quad (1)$$

也就是說，應力數值視三個未知數： $P, M_x, M_y$ 而定；爲了求出它們，就必須有三個方程式，即需有三點要找到應力。這個條件對於說明構件完整的作用情況是必要的也是充分的。

因此，儀器在一個斷面上至少應設於三點（纖維）上。

假如我們希望試驗橋面系縱梁，則也應當這樣細緻的來進行

工作：即在斷面上的三個點處測定應力，因為這個梁不僅僅只在垂直面內受撓曲。由於縱梁與橫梁間的剛性聯接，在水平面內也有彎矩產生，而且除此以外，因桁架弦桿變形使節點距離改變了，橫梁間距離也改變了，從而軸向力也改變了。關於這點下面還要詳細地談。如果對這問題有興趣，可參考專門的研究報告<sup>①</sup>。

如果我們準備求縱梁的最大應力，則應選擇梁中部的斷面，因為普通在這裏彎矩最大。

最後，如果說這樣安置儀器就能測定出一切可能的應力，這是不可思議的。我們還不能就這樣說。我們對每種情況應當有個別對待的態度。

根據這種看法，在試驗石料、鋼筋混凝土及木料建築物時，也應當選擇安裝儀器的地點。這裏就產生了有否需要安裝三個儀器或更多儀器的問題。

在開始進行試驗之前，應在特別的本子上記下儀器的位置：其為撓曲者應記下——試驗橋梁的順號，儀器號碼，節點號碼（離儀器位置最近的節點），桁架（左或右，上游或下游）<sup>②</sup>，儀器記錄的放大倍率，所量變形的性質（撓曲，縱向位移，橫向位移等）。如果安裝儀器所用的是一種還不够完善的方法，則也應當予以記出。其為應力者應記下——孔號，構件標號，儀器號

---

① НТК НКПС工程研究部論文集16號：Г.К.Евграфов：『鐵路橋梁中因桁架弦桿變形所致的橫梁附加應力的試驗研究』。同集：Н.Б.Левин：『橋面系應力當作桁架作用的函數』。同上論文集10號：Е.О.Патон及Б.Н.Горбунов：『靠鐵器橋梁桁架弦桿因縱梁而致的卸載』。

ПС列寧格勒工程研究院論文集 94號：Г.К.Евграфов：『鐵路橋梁橋面系因弦桿變形而生的應力』。

工程研究部論文集24號：Г.К.Евграфов：『鐵路橋梁橫梁的水平撓曲』。

② 桁架『左』及『右』的標號，也和節點號一樣，為避免混淆起見，最好以列車運行方向為準（列車頭部方向）。

碼，安裝儀器的位置（纖維），儀器支點長度及儀器記錄的放大倍率。儀器位置最方便的是以圖來表示之，如圖 2 所示者。所有記載最好列成表 1 形式。

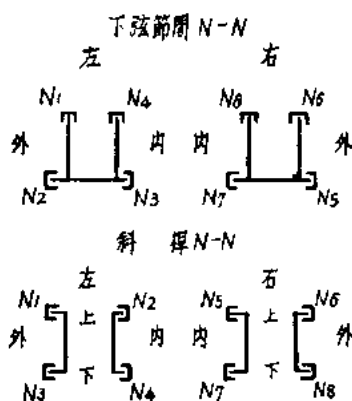


圖 2.

測定應力時之儀器位置

表 1.

| 孔號 | 構件         | 桁架 | 斷面圖<br>(註明儀器位置) | 儀器號碼 | 儀器<br>支點長度 |
|----|------------|----|-----------------|------|------------|
| 1  | 下弦節間 No. — | 左  |                 | 1    | 20         |
|    |            |    |                 | 22   | 20         |
|    |            |    |                 | 18   | 20         |
|    |            |    |                 | 7    | 10         |
| 1  | 下弦節間 No. — | 右  |                 | 5    | 20         |
|    |            |    |                 | 16   | 10         |
|    |            |    |                 | 17   | 20         |
|    |            |    |                 | 12   | 10         |

如果儀器是自動記錄的，則其讀數已繪成圖；這裏也同樣應作出上述記載（就是現場記錄本）。

為了更明確起見，我們專門談一談具有刻度盤的儀器及自動記錄儀應如何來操作。我們先從有刻度盤的儀器開始，分段說明整個操作過程。

1. 活載在試驗橋孔之外時：試驗的主持者或觀測者先記載儀器讀數於表 2。同時在『荷載位置號碼』的一行中寫上『0』，

亦即，橋梁還未加荷載，荷載等於零。讀儀器記錄時，一般約讀至刻度的十分之一，記載時不用小數點。例如，讀數 202，是由 Гугген Бергер儀 (Huggenberger) 讀出的，其意為 29.2 公厘 (表 2)。

儀 器 記 錄

表 2.

| 荷載位置號碼       | 儀 器 號 碼 |                         |    |   |   |    |    |    |
|--------------|---------|-------------------------|----|---|---|----|----|----|
|              | 1       | 22                      | 18 | 7 | 5 | 16 | 17 | 12 |
| 支點距離<br>放大倍數 |         | $l = 5$ 公分<br>$n = 200$ |    |   |   |    |    |    |
| 0            |         | 292                     |    |   |   |    |    |    |
| 10           |         | 197                     |    |   |   |    |    |    |
| 11           |         | 192                     |    |   |   |    |    |    |
| 12           |         | 170                     |    |   |   |    |    |    |
| 13           |         | 174                     |    |   |   |    |    |    |
| 14           |         | 191                     |    |   |   |    |    |    |
| 卸載時          |         | 294                     |    |   |   |    |    |    |

2. 試驗的主持者令荷載進入橋上，使其停於預定的地點並作記載於表 3。

此時儀器上讀數的改變應記入表 2。

3. 試驗的主持者又令荷載移到新的位置上去，仍記入表 3，儀器讀數的改變記入表 2，等等依此類推。

荷 載 位 置

表 3.

| 孔<br>號 | 列<br>車<br>號 | 荷<br>載<br>號<br>碼 | 構件試驗名稱  | 荷<br>載<br>號 | 放置荷載之處 | 列車運行方向        | 附 註 |
|--------|-------------|------------------|---------|-------------|--------|---------------|-----|
| 1      | 1           | 10               | 下弦節間 №  | 5           | 6' 號節點 | 自莫斯科向<br>列寧格勒 |     |
|        |             | 11               | 橋跨中部撓曲值 | 6           | 6' 號節點 |               |     |
|        |             | 12               | 活動支座位移  | 8           | 6' 號節點 |               |     |
|        |             | 13               |         | 8           | 7' 號節點 |               |     |
|        |             | 14               |         | 8           | 8' 號節點 |               |     |

● 表中為舉例說明起見只登錄 22 號儀器的記載。每個儀器都有自己的號碼，表中可以看得很清楚。

荷載的移動應重複多次，到現在為止我們還不能說，荷載的那一個位置使儀器指針離初讀數（『零』位置）距離為最大。

4. 荷載引出橋梁：記載於表 2。顯然，儀器指針應回到其最初的位置，因為此時橋梁上已沒有荷載；橋梁情況回復到操作前的情況。假如，儀器讀數在加荷載前後有明顯的差數，這表明，有剩餘變形發生（在新橋中幾乎沒有例外）或者是儀器操作得不好。在後一類情況時應重新調整安裝上的毛病，並再重作一次。

應當注意到：有時候儀器讀數因為儀器支點距離受溫度影響而致發生很明顯的不一致。為避免這種影響起見，儀器最好不要讓日光曬着。

有些試驗者曾按理論上最不利的位置在橋上作出過一次荷載的放置，但是荷重在這個位置上停留達 10~15

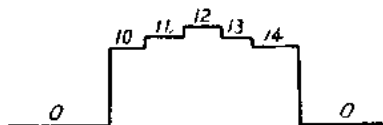


圖 3.

分鐘<sup>①</sup>。與上面所談的比較起來，我們認為這種安排是不大合理的，其原因有下述三個：

1. 一般說來，儀器的效能不會完全合乎理想，而且，在橋上航的時間越長，其『流動』(yield) 也越大。因此，操作時間長是不好的。最好使加荷載與卸荷載之間的時間盡量減小。實際上，有根據來說，當長期荷載時，構件的變形增長了，但這種增長是不太大的，而且此增長可為儀器的流動所掩飾掉。

2. 沒有也不能保證所定位置就是最不利的位置。

3. 除此以外，我們所介紹的安排程序對橋梁的作用情況能給出更完整的了解。

在操作自動記錄儀器時的程序仍同上所述。其不同處在於：儀器讀數的記載不用列表，即直接繪成圖形。操作程序應為：荷

① 順便提一下，這種安排在下面一文裏有所介紹：『鐵路鋼橋變護、觀察及試驗規則』。

載上橋前觀測者開動自動記錄儀的鐘表式機構。此時，記錄筆記錄爲直綫，這是因爲橋梁上此時尚無荷載。當記錄筆繪直綫5~6公分後，觀測者停住轉動機構並記下此綫的順號：『0』即零荷載。此後，試驗主持者即令荷載上橋並記其位置於表3。荷載上橋後，自動記錄儀記錄筆離開原來位置。觀測者再開動之，記錄筆仍劃直綫，但此直綫已不是原來零點時的直綫了。其安放荷載位置的號碼也記在綫上，如像『10』。再繼續依此進行之。記錄的圖形如同3所示。

此時觀測者可以認爲使記錄筆有最大移動的荷載位置已經找到了（圖3的荷載位置號碼12）；並可通知試驗主持者，隨後即由橋上除去荷載。鉛筆移動回來後觀測者再開動儀器，並在記錄上記下『0』，即零荷載，或卸載。如操作時無剩餘變形，則最後的零綫應爲最初零綫的延長綫。如果不是這樣，那就必須找到原因，是儀器性能不好呢？還是儀器安裝得不好？應當把儀器換掉或把安裝上的缺點消除後再重複上述操作程序。

在這裏仍像非自動記錄的儀器一樣，也有日曬的影響。

毫無疑問，上面所談的不僅適用於橋梁，也適用於橋梁支座。方法本身是相同的。只不過應當記住，現有儀器很不適用於實體建築物的試驗（石料，混凝土及鋼筋混凝土），在這種情況下要找到完全令人滿意的結果是困難的。

## 橋梁動力試驗

作動力試驗時也像靜力試驗一樣，應測定總的變形及局部的變形。除此以外，在橋梁的不同部分，應記錄沿垂直方向及水平方向的震動。

在選擇列車及列車運動方向這兩方面，這裏所可能提出的看法也同於靜力試驗者。但應當在選擇構件以測定應力這一點上作一些相當的補充。如果我們的意圖是找出最大動應力，則應將儀

器安裝在承受荷載衝擊作用 (Ударной Действие) 最大的構件上。首先，應試驗橋面系的構件：橫梁，主要的是縱梁，必須歸於這一類構件。試驗最弱的斜桿，也就是位置近於跨度中部的斜桿時，也同樣可以得到最大的動力作用。

當橋梁聯結系較弱時，所記錄的震動是很引人注意的。此時橋梁在側向的搖擺極為強烈。這點由震動的幅度即可看出。

試驗的記錄應包括荷載以各種不同速度通過的情況。正如下面還要表明的，在這些不同的通過速度中(『Заездов』行駛)，應包括所謂『爬行』在內，也就是應包括最低行駛速度在內。

安裝儀器與靜力試驗所不同之處是：應有記時及記列車位置的設備。動力試驗所以要記時，主要是因為這可以用來測定各種震動的周期。這一點在測定總的變形時特別有用。除此以外，在記錄紙轉速不勻時，也可以找到記錄紙轉速變動的情況。因此，以一定的時間間隔（1 秒或 $\frac{1}{2}$ 秒）使筆在圖上劃綫，可以計算任何時間紙的運動速度。記列車在橋上位置的好處及其必要性是十分明顯的。沒有這種記號的記錄等於關了試驗的門，也就不能說明荷載的什麼位置所對應的是什麼變形。

動力試驗還有另外一個不同之處，就是當列車過橋或在橋外時要每隔一定距離設一信號以測定列車速度。觀測者站在機車上用跑錶 (Секундометр) 記下列車通過某一段的時間，以此來計算出列車行駛的速度。

操作的步驟是這樣的：儀器安裝好以後，試驗的主持者派遣一個觀測者帶着預定的試驗程序表來到機車上，這個表指明列車行駛幾次及每次用什麼預定的速度。列車（如果必須有大速度的話）進入『起速區』（『На разгон』Speeding up），然後不用特殊的信號即可開動，以需要的速度上橋。在列車快上試驗的橋孔前幾秒鐘，專司信號者即發出開動儀器及記時電鈕的信號（此處最好利用信號號角）。當列車通過橋梁後，給出第二個信號——關鐘表式機構。列車過橋後停住，然後不用特別的信號即開始反

向運動。這樣繼續下去，直到預定程序表進行完畢或橋上有信號中斷試驗時為止。這種中斷，當調整儀器動作不當時及換記錄紙時，可能是必需的。

試驗過程中列車通過速度等等也應當通知在儀器旁的觀測者。

觀測者所負責任如下：每次通過時，在記錄紙上記下通過號碼。當司信號者給出第一個信號時，觀測者開動鐘表式機構。當儀器的紙帶轉速可以變動時，應當設法使紙帶有與列車相應的速度。為此，觀測者也應當隨時知道下一次通過時的列車速度。十分明顯，如果列車運動速度大，變形也很快地改變着，但如紙帶轉速很慢，則圖形擠在一起，看不清楚。因此需要大的紙帶速度。如列車運動得慢，紙帶速度也要變小。

觀測者也應當注意：自動記錄筆有沒有墨水；儀器鉛筆是否削尖；鐘表機構是否上弦；記錄紙帶還够不够；儀器各部動作是否正常。最後，爲了了解儀器動作是否正常，需要作一些運轉試驗，但這種試驗應盡快作完。

動力試驗的記事由在機車上的觀測者進行之。其形式如表4所示。

表4.

| 孔<br>號 | 行駛次<br>數 | 預定速度<br>(公里/小時) | 通過長100<br>公尺地段的<br>時間 <sup>●</sup><br>(秒) | 實際速度<br>(公里/小時) | 運行方向  | 測定變形<br>的 名 稱  |
|--------|----------|-----------------|-------------------------------------------|-----------------|-------|----------------|
| 1      | 1        | 60              | 6.2                                       | 58.1            | 列 寧 格 | 橋中部橋曲          |
|        | 2        |                 |                                           |                 | 勒—莫斯科 | 斜程6-7'中的<br>應力 |

在重要的情況下，主要是在研究性質的動力試驗時，最好有荷載通過速度的檢查。如果列車長度已知的話，則在橋上的觀測

● 上述信號之間的地段。

者可以作這種檢查。觀測者有跑錶，在列車前軸及後軸通過其面前時記下通過的時刻，並將所測得者記入表5中。

表5.

| 孔<br>號 | 行駛<br>次號 | 長度 102.3 公<br>尺列車的通過<br>時<br>(秒) | 實 際 速 度<br>(公里/小時) | 運 行 方 向      | 測定變形的名稱                  |
|--------|----------|----------------------------------|--------------------|--------------|--------------------------|
| 1      | 1<br>2   | 6.4                              | 57.5               | 列寧格勒—莫<br>斯科 | 橋中部撓曲；<br>斜徑6~7'中的應<br>力 |

利用震動機的試驗也應屬於動力試驗。試驗方法在前邊已經談過。

## 試驗結果的整理

這裏必須把靜力與動力試驗結果的整理分開。有一些整理的特點是不同的。

### Ⅰ. 靜力試驗結果的整理

總的變形常由自動記錄儀來測定。假定說我們有如圖4所示的記錄圖，這個圖上記載了記錄的特點，有的是在現場觀測時所記（圖綫上面的數字），有的是整理時所記（圖綫下面的數字）。

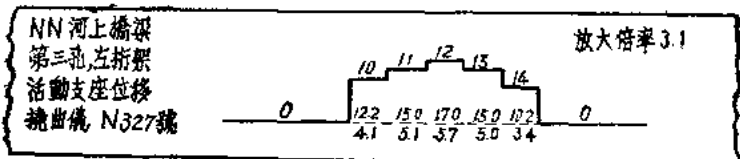


圖 4.

現場操作時，圖綫上只記移動荷載位置的號碼。這種安置在

現場記事本中有說明（表 3）。記錄整理應從『零綫』開始，也就是從圖 4 中虛綫開始。撓曲值由記錄筆離開原始位置（荷重前）的差值決定之。量虛綫與 10、11、12 等各綫間的距離即得此差值。

這種距離通常都用精確至 0.1 公厘（用肉眼）的簡單比例尺來量定。量得的距離記在圖上（註明在虛綫之上）。

只不過應當記住：實際變形並不等於所量的數值。在本例中圖上寫着：『放大倍率 3:1』。因此，爲了求得實際變形，必須把所量得的數值除以 3，這樣就得到記在圖上虛綫下的數目字。

但在劃『零綫』時常常會碰到荷載前後零綫不重合的情形。如果橋梁是新建的，這可以解釋爲剩餘變形存在之故。記錄整理如同圖 5 所示。如將最初零綫延長，測量此綫與最後的零綫間距離，即可決定剩餘變形的數值。本例中此值等於 4.4 公厘。

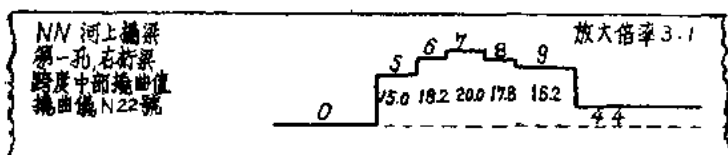


圖 5.

如果橋梁已使用了一些時候，就不應當有剩餘變形，因而零綫的不重合說明儀器的效能不好。如果此不重合是極大的，則最好放棄這個記錄。如果此不重合不太大，且要求的精確度不大，則記錄仍可利用。此時零綫的劃法可用圖 6 所表明的二法之一；或劃成最初與最後零綫的平均綫如同圖 6<sub>a</sub> 所示，或按圖 6<sub>b</sub> 劃成斜綫。那一

個方法也是不準確的，但也不可以說

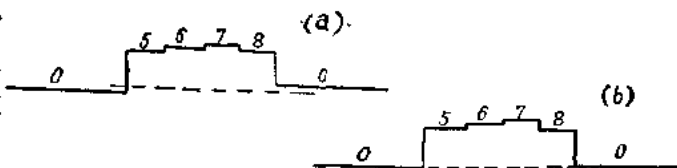


圖 6.

它們的誤差是大的。最好，我們重覆說一遍，還是把它們當作有

缺點的記錄而加以放棄。

所得變形記入表 6。

靜力試驗的撓曲值

表 6.

| 孔<br>號 | 計算<br>跨度<br>$l$ | 荷載<br>位置<br>號碼 | 理論<br>變形<br>$f_0$ | 左 桁 架                    |                  |                                                      |        | 右 桁 架 |                  |                               |        |
|--------|-----------------|----------------|-------------------|--------------------------|------------------|------------------------------------------------------|--------|-------|------------------|-------------------------------|--------|
|        |                 |                |                   | 測<br>得<br>變<br>形<br>$f'$ | $\frac{f'}{f_0}$ | 最<br>大<br>外<br>來<br>撓<br>曲<br>值<br>$f'_{\text{max}}$ | 附<br>註 | $f'$  | $\frac{f'}{f_0}$ | $\frac{f'_{\text{max}}}{f_0}$ | 附<br>註 |
|        | (公尺)            |                | (公厘)              | (公厘)                     |                  |                                                      |        |       |                  |                               |        |

表中給出實際變形與按某種方法計算所得理論變形的比值，即所謂結構的校準值（Поправка）。但是，橋梁的狀況不能按結構的校準值來判斷，雖然很可以肯定地說：此值在一般情況下對於鋼橋是變動於 0.8~1.0 的範圍內的。假如說，實際撓曲值超過了理論值 1.5 倍，則就應當盡可能仔細地去注意研究所試驗的橋梁。計算撓曲的理論值，大家知道是極為麻煩的，所以有很多試圖利用不同種類的經驗公式來計算之。有一個公式，即所謂科學技術委員會（HTK）公式，是根據許多體系的簡支梁式桁架橋梁的試驗才獲得的。嚴格地說，這公式不能給出理論的撓曲值，而所給出的是一般建築物的正常撓曲值。

其形式為：

$$f = a_k \frac{L^3}{H^2} \text{ 公分。}$$

式中  $k$ ——計算跨度中部彎矩的等值均佈荷載，以每桁架每一延公尺噸數計；

$L$ ——計算跨度，以公尺計；

● 活動支座的位移與其他變形建議也用類似的表格。

● Приведенный прогиб 外來撓曲，參看下面。