

150829

151932

基本馆藏

普通結構學

中 冊

蔡方蔭 著



商務印書館出版

551

4404

72

普 通 結 構 學

中 冊

蔡 方 蔭 著

商 務 印 書 館 出 版

◆(68324•1B)

普通結構學(全三冊)中冊

著者 蔡 方 蔭

出版者 商務印書館

上海河南中路二二二號

發行者 中國圖書發行公司

三聯書店 商務印書館 中華書局
北京該處 電話六十六號

發行所 三聯書店 中華書局
商務印書館 各地分店

聯營書店

印刷者 商務印書館印刷廠

★版權所有★

1946年8月初版
1951年7月5版(修訂本) 定價人民幣26,000元

(編)6001-11000

中 冊 目 次

第六章 橋梁之反力,切力及彎矩 1

- 6—1. 普通橋梁之型式及構造 1
- 6—2. 橋梁之呆荷重 7
- 6—3. 反力,切力及彎矩之感應圖 10
- 6—4. 用虛功原理求感應圖 25
- 6—5. 橋梁之最大反力 32
- 6—6. 橋梁任何截面之最大切力 38
- 6—7. 橋梁任何截面之最大彎矩 49
- 6—8. 公路橋梁之活荷重制 53
- 6—9. 鐵路橋梁之機車活荷重制 61
- 6—10. 鐵路橋梁之簡單活荷重制 73
- 6—11. 橋梁在活荷重下之衝擊力 79
- 6—12. 橋梁之最大切力圖及最大彎矩圖 85
- 6—13. 橋梁之絕對最大彎矩 92
- 6—14. 橫梁之最大反力 97

第七章 橋梁桁架之應力 101

- 7—1. 橋梁桁架之普通型式 101
- 7—2. 橋梁桁架之呆應力 106
- 7—3. 普通桁架之應力感應圖 109
- 7—4. 用虛功及機動原理求桁架之應力感應圖 118
- 7—5. 平行弦桁架之活應力 123
- 7—6. 非平行弦桁架之活應力 145

7—7.	再分析架之活應力	171
7—8.	多系腹桿桁架之活應力	188
7—9.	斜橋桁架之活應力	192
第八章	橋梁在側力及縱力下之應力	196
8—1.	橋梁支撐之佈置	196
8—2.	橋梁之側力	199
8—3.	橋梁在側力下之穩度	202
8—4.	側支撐架之型式及應力	204
8—5.	橋門架之型式及應力	211
8—6.	豎支架及豎支撐之應力	216
8—7.	側力對於豎桁架應力之影響	220
8—8.	側力對於非平行弦桁架應力之影響	224
8—9.	橋梁上之縱力及其應力	228
8—10.	曲線上橋梁之淨空及寬度	232
8—11.	曲線上橋梁之應力	240
8—12.	側力及縱力對於設計應力之影響	254
8—13.	塔架在側力及縱力下之應力	257
8—14.	橋梁由於變形之應力	262
附錄一	古柏氏 E—60 級活荷重制力矩表	265
附錄二	古柏氏 E—60 級活荷重制之相當均佈荷重	266
附錄三	中華十六級活荷重制之最大切力及最大彎矩表	268

A. 最大彎矩,最大端切力及最大橫梁反力	268
B. 橋梁(無橫梁)之最大切力	269
C. 橋梁(無橫梁)之最大彎矩	271
D. 最大節間切力.....	272
E. 最大節點彎矩.....	274
圖,例題及習題引得.....	276

普通結構學

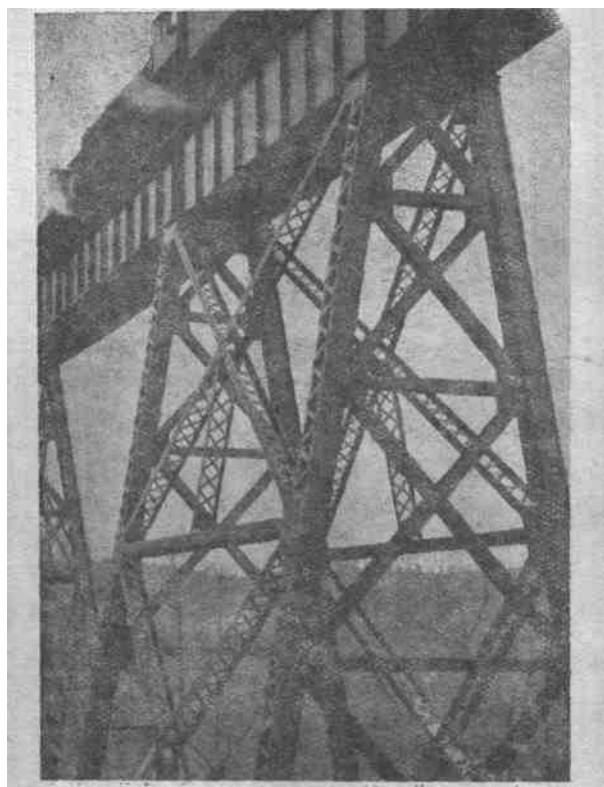
中 冊

第六章 橋梁之反力，切力及彎矩

6—1. 普通橋梁之型式及構造 凡結構之跨越天然或人造阻礙（如江河，澗谷，鐵路，公路以及街道等）而用以便利交通者，皆為橋梁。交通雖以鐵路及公路為主要，但並非以此為限，蓋橋梁亦有專備行人往來，不走車輛，或專為支承水管或傳遞貨物之用者。橋梁之本身稱為橋梁之上部結構，其用以支承橋梁之橋墩，橋座或塔架〔橋梁之支承於塔架者稱為塔架橋（viaduct）（見影片 V 及 VI），其支承於排架（bent）者稱為排架橋（trestle）〕等，稱為橋梁之下部結構。鐵路及公路之普通橋梁，多係兩端支承，常稱之為簡單跨。橋梁之位置係固定不動者，常稱為固定跨。

橋梁之材料，不外木，磚，石，混凝土及鋼鐵等，除磚石外，其餘材料均可用於簡單跨之橋梁。

鋼橋又分為輓梁橋，鉸梁橋及桁架橋三種，其採用之標準，視其跨度之長短而定。鐵路橋梁之跨度短於 10 公尺者，常以用鋼輓梁為宜。若跨度長於 10 公尺而短於 30 公尺，則常以鉸梁為經濟。惟近年來歐洲大陸新建之若干長跨大橋，亦多用鉸梁而不用桁架，蓋以其製造及架設之費用，常較桁架為省也。公路橋梁用鉸梁者較少。跨度之短於 20 公尺者，鋼輓梁，鋼筋混凝土梁及木料桁架均適用。至桁架橋跨度之限制當於 7—1 節中述之。



影片 V 鋼梁塔架橋

公路橋梁之橋面，係採用木料，混凝土或鋼板。此種橋面稱為實橋面。而鐵路橋面之鋪有道碴者，稱為鋪碴橋面，必用實橋面，其材料與公路橋面所用者相同，惟構造常稍異。鐵路橋面之不鋪道碴者，即將木枕直接鋪置於縱梁或橋梁之上，此種橋面，稱為木枕橋面，亦稱為空橋面。

如橋面係支承於鋼梁之下翼緣或桁架之下弦，則該橋稱為下承橋如圖 6—1 (a), (b) 及 (c)。下承橋桁架橋之有頂側支撐 (top lateral bracing) 者，如圖 6—1 (b)，稱為穿越式 (見影片 V11) 因車輛係穿越而過也。若桁深不大，不能有頂支撐，如圖 6—1 (c)，稱為半穿越式，其中



影片 VI 桁架塔架橋

之桁架稱為矮桁架 (pony truss) (見影片 XIV)。下承橋之橋面常支承於縱梁，縱梁支承於橫梁，橫梁始支承於橋身之鈑梁或桁架 (見圖 1—4)，此項支承橋面之縱梁及橫梁，統稱為橋面系。公路橋梁之橋面系，有時祇有橫梁，即以橋面同時用作縱梁，以其較為經濟也。

如橋面係支承於鈑梁之上翼緣或桁架之上弦，則該橋稱為上承橋 (見影片 V 及 VI)。上承橋常無橋面系，故橋面係直接支承於鈑梁或桁架之上，如圖 6—1 (d) 及 (e)。但鐵路橋面之有二軌道以上者及公路橋面之太寬者，均須有橋面系，如圖 6—1 (f)。至鈑梁橋之本身，即相當於鈑梁橋或桁架橋之縱梁，故祇有上承一式而已。

採用上承橋時，不但其橋面系常可省去，且其橋墩及橋座均較下承橋者稍矮，故上承橋常較下承橋為經濟。但橋下之淨空如有限制時，則常須採用下承橋。塔架橋橋下之淨空常無限制，故一律採用上承橋。

各式單軌道鐵路橋梁中二鈑梁或二桁架之中心距，約如圖 6—1 所示。於雙軌道或多軌道橋梁，每增一軌道，其中心距至少應增加 4 公尺。

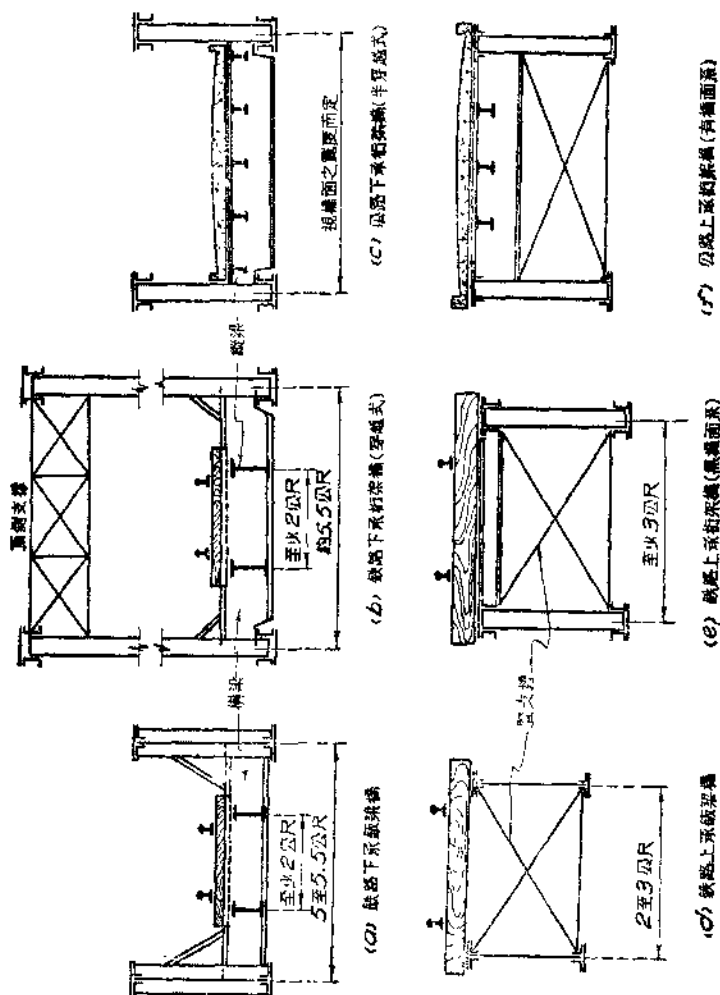


圖 6-1. 鋼橋之各種型式及構造



影片 VII 穿越式桁架橋



影片 VIII 橋桁架橋(軌道係曲線)

爲使橋梁能抵抗各種規定之側力而無傾覆之虞，下承橋之上項中心距，不得小於其跨度二十分之一；上承橋之上項中心距，不得小於跨度十五分之一，或橋身之有效深度二分之一。上承橋二鈑梁及下承橋二縱梁之中心距，均不得小於 2 公尺。但每軌道下如有四根鈑梁或縱梁時，則不在此例。此四梁應對置於每軌之下，並須與每軌成對稱。縱梁之長，當然與橫梁之中心距及橋梁之節間長度均相同。於鈑梁橋中，縱梁之長，常在 3 至 6 公尺之間。公路桁架橋節間之長，常在 8.5 至 9.5 公尺之間，鐵路桁架橋節間之長，常在 6 至 14 公尺之間。爲方便及簡易起見，每一橋梁中所有節間之長度，常均相等。

橋面系中縱梁與橫梁之高度，常約略相同。如圖 6—2 (a)。計算其反力，切力及彎矩時，爲簡便起見，可作略圖 (b) 或 (c) 以代表之。

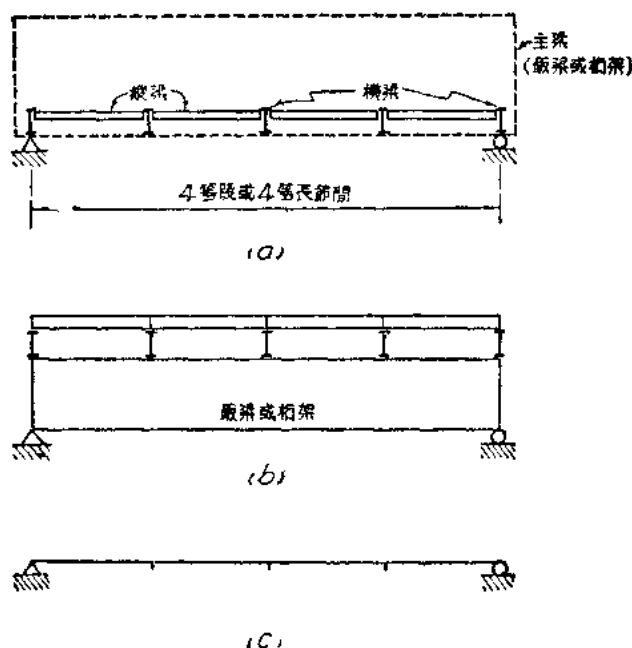


圖 6—2. 有橋面系橋梁之實際情形與代表略圖

6—2. 橋梁之呆荷重 橋梁之呆荷重,包括軌道,道碴,橋面,以及橋身等之重量。橋身包括二鈹梁或二桁架,橫梁,縱梁,以及各種支撐。橋身之重量,所包含之因素甚多,如橋身之跨度,型式,細節,材料,所支之活荷重,以及其設計之規範等,故橋身之真確重量,非設計完成後,不能預知。惟根據以往之經驗,橋身之重量,常可以公式估計之。歐美關於橋梁之書籍中,此項公式甚多,但所有公式,並不十分一致。故採用必須十分審慎,至少設計完成之後,應實際計算其重量,視其是否與公式所估計者,大致相符。如相差較巨,則必須修改以前之計算及設計,以免蹈第一章中所舉加拿大魁北克大橋之覆轍。

若鐵路鋼橋之設計,係依我國前交通部一九三八年七月所公佈之國營鐵路鋼橋規範書,而其活荷重爲中華十六級活荷重制,^①其重量可用下列公式估計之。^②

$$\text{軋梁橋: 跨長 4 至 5 公尺, } w = 115 L - 40 \quad (6-1)$$

$$\text{跨長 5 至 8 公尺, } w = 115 L + 80 \quad (6-2)$$

$$\text{上承鈹梁橋: 跨長 8 至 15 公尺, } w = 47 L + 270 \quad (6-3)$$

$$\text{跨長 15 至 22 公尺, } w = 50 L + 330 \quad (6-4)$$

$$\text{跨長 22 至 30 公尺, } w = 53 L + 390 \quad (6-5)$$

$$\text{下承鈹梁橋: } w = 65 L + 770 \quad (6-6)$$

$$\text{上承桁架橋: } w = 22 L + 1,370 \quad (6-7)$$

(無橋面系)

$$\text{穿越式桁架橋: } w = 20 L + 1,660 \quad (6-8)$$

其中 L = 跨長 (以公尺計), w = 單軌道空橋面鐵路鋼橋之鋼料重量 (以公/斤公尺計)。此項重量包括橋身之所有軋梁,或二鈹梁,或二桁

① 見 6—0 節之解釋。

② 此項公式係前交通部技術廳所求得者。

架，及其應有之橋面系與各種支撐等，但不包括其兩端之支座，木枕橋面，及軌道之鋼軌，內護軌扣件等。故欲得橋身之總重量，應將木枕橋面，及軌道之重量加入。每軌道之鋼軌，內護軌及其扣件之重量，約為 225 公斤/公尺。若木枕為 $200 \times 250 \times 3,000$ 公厘，其心距為 350 公厘，其兩端各加 150×200 公厘之木護軌，長度與橋相同，則此種木枕橋面之重量約為 475 公斤/公尺。故軌道及木枕橋面之總重量，約為 700 公斤/公尺。

上列公式，若用於雙軌道橋梁，則所算得之重量 w ，至少應增加 85%。若用於活荷重為中華二十級活荷重制之鋼橋，則 w 應增加約 15%。

關於估計鐵路鋼橋重量之公式，美國所發表者甚多，茲舉一例，並改公尺寸如下。^①

$$(6-9) \quad \text{上承鉸梁橋:} \quad w = k(83 L + 149)$$

$$(6-10) \quad \text{下承鉸梁橋:} \quad w = k(78 L + 745)$$

$$(6-11) \quad \text{穿跨式桁架橋:} \quad w = k(44 L + 1,040)$$

其中 L 與 w 之意義及單位，與方程 6-1 等所用者相同。鋼橋之設計規範，以美國鐵路工程協會 1925 所公佈者為準。其活荷重為古柏 (Cooper) 氏之 E 活荷重制， k 為一指數，視活荷重之輕重而定，其值如下：

$$\text{活荷重制 } E-40, \quad k=0.88$$

$$\text{活荷重制 } E-50, \quad k=1.00$$

$$\text{活荷重制 } E-60, \quad k=1.12$$

公路鋼橋因其活荷重，橋面寬度及設計規範等，即在公路最發達之美國，前此亦未十分標準化。故所有關於該種橋重之公式，更不易相當準確。若公路鋼橋之橋面寬度為 6 公尺，其活荷重為 $H-15$ ，^② 並係根

① 見梅 (T. Merriman)，魏 (T. H. Wiggin) 二氏所著之美國土木工程師手冊 (American Civil Engineers' Handbook)，第 5 版，1162 頁。

② 見 6-8 節之解釋

據美國各省公路官員協會之標準規範設計，則下列公式可備參考。①

$$\text{半穿越式桁架鋼橋} \quad w = 24 L + 780 \quad (6-12)$$

$$\text{穿越式桁架鋼橋} \quad w = 22 L + 682 \quad (6-13)$$

其中 L = 跨長(以公尺計)， w = 每橋鋼料之重量(以公斤/公尺計)，但不包括混凝土橋面，與其中之鋼筋及支座等之重量。若橋面寬於或狹於 6 公尺，則每增寬或減狹 1 公尺， w 各應增減約 75 公斤/公尺。若活荷重非 $H-15$ 而係 $H-20$ 或 $H-10$ ，則 w 應各乘以 $4/3$ 或 $2/3$ 。輕梁橋及鉸梁橋，公路用之均較少，故其橋重未列入。

爲橋重之估計易於精確起見，可先設計軌道，橋面，縱梁，橫梁等，並實地計算其重量。所須估計者祇橋身之二鉸梁，或二桁架及其應有之各種支撐，故橋重之不確定成分較少。

習題 6-1. 於一方格紙中，作曲線表示方程 (6-1) 至 (6-13)。於方程 (6-9) 至 (6-11) 中，採用 $k=0.88$ 。(因跨長若至 80 公尺以上，則中華十六級活荷重制相當於古柏氏 $E-40$ 級活荷重制，故可以比較) 以橋重 w 之值計於豎軸上，跨長 L 計於橫軸上。

習題 6-2. 試估計下列諸木枕橋面鐵路鋼橋每公尺之重量(包括軌道及橋面)。將所有計算，列一整潔之表。

橋梁型式	中華活荷重級數	跨長(公尺)	軌道數
(a) 上承鉸梁	16	25	單
(b) 上承桁架	16	45	單
(c) 穿越式桁架	20	65	單
(d) 穿越式桁架	16	90	雙

習題 6-3. 試估計一跨長 25 公尺依活荷重 $H-10$ 設計之公路樑桁架鋼橋每公尺之重量(包括橋面及欄杆)。橋面之淨寬爲 6 公尺，係採用鋼筋混凝土板，平均厚度爲 230 公厘。兩邊各有 200×200 公厘之鋼筋混凝土緣石。鋼筋混凝土之重量爲 2,400 公斤/立方公尺。欄杆之重量每公尺爲 30 公斤。

習題 6-4. 本節所列事之估計鋼橋每公尺重量之諸公式，何以有一項爲跨長之函數與一項爲預數，試解釋之。

① 見客 (Kirkham) 氏所著 公路橋梁之設計 (Design of Highway Bridges 1955) 年出版，232 及 269 頁。

6—3. 反力，切力及彎矩之感應圖 橋梁與屋頂或其他種結構不同之點，即在其活荷重係一移動荷重，因此必須研究祇橋梁跨長之某一段有活荷重時對於其各部應力之影響，藉以求其各部之最大活應力。作此種研究時，常須採用感應圖之方法，而於較複雜之橋梁尤然。

感應圖者，乃一直線或折線或曲線圖，用以表示橋梁某一已定截面或部份之任何函數（反力，切力，彎矩，桿應力等）。因一單位豎向集中荷重經過該橋跨度時所生之改變值。故於某一已定截面或部份之某函數感應圖，其任何點之豎距，即等於一單位豎向集中荷重置於該點時所得該函數之值。感應圖之豎距，亦可列一表以記之，此表即稱為感應表（influence table）。茲分條述之如下：

(1) 反力之感應圖：反力感應圖之意義已於 3—8 節及圖 3—27 中略表述之。圖 6—3 示一梁，其 AC 段係一懸臂。以一單位豎向集中荷重置於任何截面 D ，其與 B 端之距為 x ，則 $R_A = x/L$ 。故 x 之值如改變，則 R_A 之改變可以直線 $C'A'B$ 表之。此 $C'A'B$ 線即方程 $R_A = x/L$ 之表示圖，稱為 R_A 之感應線，而三角形 $C'CB$ 則稱為 R_A 之感應圖。同此 $C''AB'$ 為 R_B 之感應線，而二個三角形 $CC''A$ 及 ABB' 為 R_B 之感應圖，三角形 $CC''A$ 在 AB 底線之下，故 $x > L$ 時， R_B 之值為負號。即其指向與圖 6—3 (a) 所示者相反，故 R_B 係向下。於此較簡易之例，作 R_A 及 R_B 之感應圖時，並不須先寫出其方程，即於 A 及 B 點各作一豎線，並使 $AA' = BB' = +1$ ，聯 BA' 及 AB' 並各引長至 C' 及 C'' 點，即各得 R_A 及 R_B 之感應線或圖。若以任何豎向集中荷重 P 置於該梁任何截面 D ，則 $R_A = P_{y_A}$ ， $R_B = P_{y_B}$ ，其中 Y_A 及 Y_B 各為 R_A 及 R_B 感應圖於截面 D 之豎距。 y_A 及 y_B 均無單位可言，故係不名數，於任何同一截面 y_A 與 y_B 之代數和必等於一，即 $y_A + y_B = 1$ 。因該梁在任何單位豎向集中荷重下時， $R_A + R_B = 1$ ，

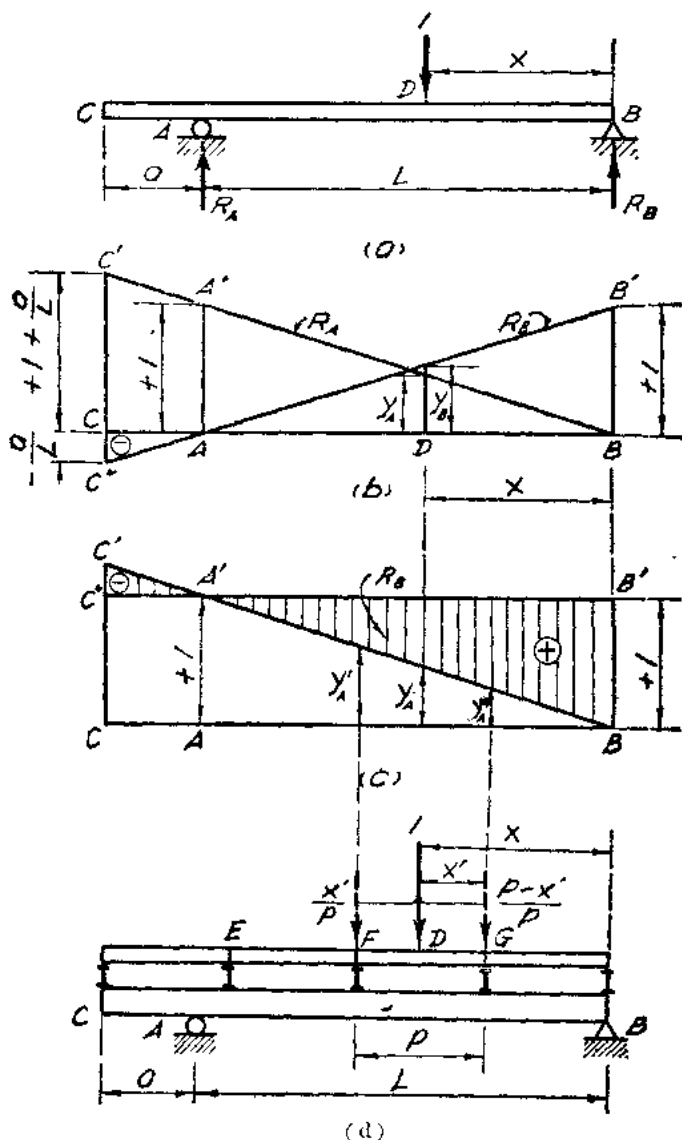


圖 6-3. 反力之感應圖

由此可知 $R_B = 1 - R_A$ 。若 R_A 之感應圖已求得，則 R_B 之感應圖可自豎距為一之圖減去 R_A 之感應圖而得之。如圖 6-3 (c) 所示，三角