

鋼筋混凝土版與 鋼梁聯合梁橋

E. E. 紀卜西曼 著
顧 玉 琇 譯
張 自 鑑 校

人民交通出版社

科學技術博士
E. E. 紀卜西 教授 著

顧 玉 琇 校

張 自 鑑 校

鋼筋混凝土版與 鋼梁聯合梁橋

人民交通出版社

序

斯大林五年計劃年代，建設了強大的社會主義工業。建築材料工業和冶金業的發展，以及科學研究工作的廣泛設立，是保證蘇聯橋梁設計及提高施工技術的優越條件。

蘇聯學者和先進工程師、斯塔哈諾夫工人、合理化建議工作者及改革者一道不斷地改善着我們的技術，使技術的科學基礎不斷深入，更不斷地創造了更有效的構造物結構新式樣及更高效率的新施工方法。

聯合鋼梁與行車部分鋼筋混凝土版共同受力的上部構造是合理的新式樣的橋梁之一，在蘇聯已廣泛採用。這種式樣的上部構造特別廣泛採用於公路橋及城市橋。由於蘇聯工程師自覺的創造性，在這些橋梁上作出了很多新穎的設計，建造了很多大跨徑的橋梁。建築及使用這些橋梁的經驗已完全證明應該將這種式樣繼續推廣。

採用這種式樣的橋，由於計算、設計及施工問題都是新的東西，使設計人員及施工人員發生了許多困難。因為關於這類問題完全沒有文獻介紹，所以困難不易解決。因此筆者的任務是將聯合橋現有設計及施工經驗介紹出來作為這類橋的計算方法的基礎，並作為設計該式樣橋的參攷書，書中也有某些關於施工問題的介紹。

編著本書時，曾使用了我國許多先進設計機構及其優秀的結構工程師——特別是工程師Г·Д·波波夫、斯大林獎金獲得者工程師А·Я·朱拉夫列夫、工程師В·А·攸斯加可夫、工程師В·Г·那烏莫夫等及許

多從事於這種橋梁構造式樣的科學工作者（技術科學碩士 Н. И. 波里萬諾夫、技術科學碩士 С. А. 查普林等）的工作經驗的資料。

關於這種式樣的橋梁的計算方法，書中是採取目前設計橋梁所用的假定材料彈性受力的方法。

如依「極限狀態」計算橋梁時，則本書中所述聯合梁的計算方法就須要有許多改變。由於本書所涉及的是新穎的問題，在實際應用時所發生的一切問題及意見，希望按本書出版社地址逕寄著者。

目 錄

第一章 聯合梁橋的構造特點

§ 1 一般介紹

§ 2 聯合梁的構造特點

a 鋼筋混凝土版與鋼梁的連結方法

b 聯合梁斷面及其受力階段

§ 3 聯合梁橋的構造

§ 4 懸臂聯合梁及連續聯合梁的構造特點

第二章 聯合梁的計算

§ 5 聯合梁斷面彎曲的計算

§ 6 聯合梁中剪應力及主應力的驗算

§ 7 鋼梁接頭的計算

§ 8 聯合梁材料圖的繪製

§ 9 聯合梁撓度的計算

第三章 鋼筋混凝土版與鋼梁連結處的計算

§ 10 一般資料

§ 11 用剛性連結構件時版與鋼梁連結處的計算

- a 混凝土承壓強度的驗算
- 6 混凝土中剪應力的驗算
- b 混凝土中主拉應力的驗算
- r 剛性連結構件強度的驗算
- π 剛性連結構件沿梁長度上的佈置

§ 12 用柔性連結鋼筋時版與鋼梁連結處的計算

第四章 聯合梁中因溫度變化，混凝土徐變及收縮影響所發生的應力

§ 13 一般介紹

- a 溫度變化
- 6 混凝土徐變影響
- b 混凝土收縮影響

§ 14 因溫度差及混凝土收縮所生應力的計算

§ 15 混凝土徐變影響的計算

第五章 增加鋼筋混凝土版與聯合梁共同受力的方法

§ 16 一般介紹

§ 17 臨時鷹架或支點的設置

§ 18 鋼梁預加應力

- a 非連續梁中
- 6 懸臂梁及連續梁中

§ 19 鋼筋混凝土版中預應力鋼筋的應用

第六章 與鋼筋混凝土行車道版聯合的桁架式上部構造

§ 20 一般資料及構造特點

§ 21 在整個跨徑長度中版與上弦相連結的聯合桁架橋的計算

一 求聯合梁桿件中的力

a 縱向（軸向）力

6 由於桁架撓曲在上弦中所發生的彎矩

b 由於斜桿與上弦結合點偏心距在桿件中所發生的彎矩

r 由於局部彎曲在上弦中所發生的彎矩

二 斷面的選擇及聯合梁桿件中應力的驗算

三 節點連結構件的計算

§ 22 版僅在節點處與桁架上弦連結的聯合桁架的計算

a 由於斜桿結合點偏心距在上弦所發生的彎矩

6 由於局部彎曲所發生的彎矩

b 節點連結構件的計算

§ 23 鋼筋混凝土版與桁架共同受力作用的增加

第七章 聯合梁橋施工中的一些問題

§ 24 聯合梁橋施工的特點

§ 25 聯合梁中裝配式鋼筋混凝土版的應用

第一章

聯合梁橋的構造特點

§ 1. 一般介紹

近年來在公路橋及城市橋建築方面廣泛採用鋼梁與钢筋混凝土版聯合的上部構造，以便在垂直荷載下能共同受力。這種構造式樣的特點在於行車部分钢筋混凝土版與鋼梁共同受力並承受聯合結構上因彎矩所發生的壓應力。

由於钢筋混凝土版與鋼梁共同受壓可以大大減小鋼梁受壓翼緣的必要斷面面積及由於钢筋混凝土版受力，加大了聯合斷面的剛性的關係而減少鋼料的用量。

同時由於钢筋混凝土版與鋼梁共同受力，通常與普通非聯合構造斷面比較起來，版不需加強。

簡單非連續上部構造钢筋混凝土版與鋼梁共同受力構造所節省鋼料的數量示於圖1的圖解中。由此圖中可見聯合梁上部構

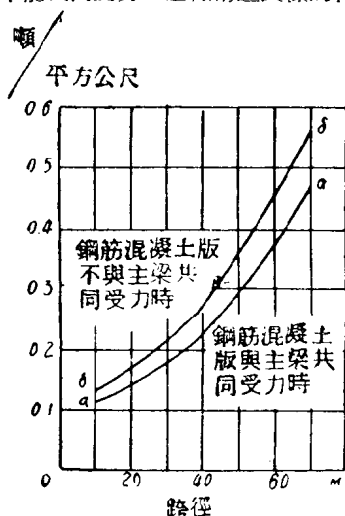


圖1 普通梁及聯合梁上部構造的鋼料用量圖

造用鋼的數量（曲綫a-a）約比普通與鋼筋混凝土版不聯合的梁（曲綫6-6）節省12%。

普通簡單非連續上部構造，整個上部構造均受正彎矩者，採用聯合結構最為合宜（見圖2-a）。

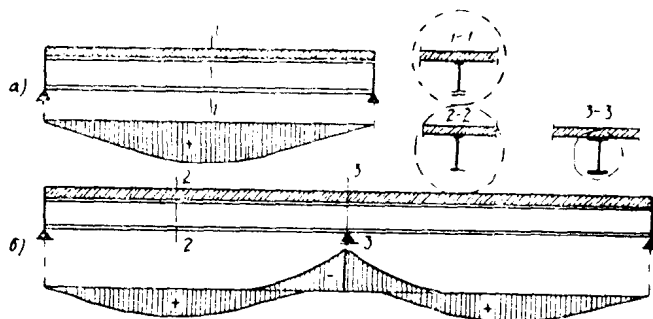


圖2 簡單非連續式及連續式聯合梁

在懸臂梁及連續梁中鋼筋混凝土版也可共同受力。在這種情況下，版在正彎矩地段與鋼梁共同受彎力，因而版處於壓力區域中（圖2-6中斷面2-2）；在負彎矩地段，鋼筋混凝土版處於拉力區域內不能與鋼梁共同受力（見圖2-6斷面3-3）。但若採取特別的人為方法也能使其共同受力。

§ 2. 聯合梁的構造特點

a) 鋼筋混凝土版與鋼梁的連結方法

為了保證鋼筋混凝土版與鋼梁共同受力必須在其間有相當牢固的連結，應使能承受版混凝土與鋼梁上翼緣接觸處所發生的剪力。混凝土及鋼在此處的粘着力不夠，因此需要設置特別的連結構件。

指定作為承受版及鋼梁間所發生的剪力的連結構件有 剛性金屬連結構件或柔性鋼筋連結構件。

刚性金屬連結構件 固着於鋼梁上翼緣上，伸入版混凝土中阻止版沿鋼梁滑動。刚性連結構件通常由角鋼作成，角鋼鉚固（圖3-a）或鉚固（圖3-r）於鋼梁上翼緣上。為加大連結角鋼的刚性起見，可鉚以斜板（圖3-d）或加固硬性肋鋼（圖3-e）。

設置刚性連結構件也常常採用豎置的短角鋼（見圖3-ж）鉚固於鋼梁上翼緣上。鉚固角鋼應能使混凝土所傳達的力作用於角鋼翼緣之間。

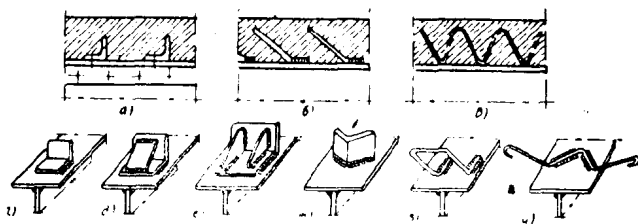


圖3 鋼筋混凝土版與鋼梁間連結的方法

柔性連結鋼筋 是用鋼筋鉚固於鋼梁上翼緣上，並伸入混凝土版中，使鋼筋能有U形（見圖3-б及в）或其他形式（見圖3-и），並按混凝土中主拉應力方向設置。

早先在聯合梁構造中，鋼梁與混凝土間的連結使用鉚固於鋼梁上翼緣上的螺旋形鋼筋（見圖3-в）。

現代受重活載的橋梁的構造，多採用刚性角鋼作為連結構件，它能傳達很大的剪力，同時施工簡單而方便。

試驗說明，在混凝土版及鋼梁間有合宜的連結構件時，在垂直活載下能保證完全共同受力。圖4所示為主梁與行車部分鋼筋混凝土版共同受力的橋梁的試驗結果⁽¹⁾。

⁽¹⁾ 橋梁試驗是由 МАДИ 橋梁研究試驗所在技術科學碩士 В. Г. 耶林頓導下進行的。

由荷活載橋梁的鋼梁應力圖中可見，版與鋼梁共同承受彎曲。這由該試驗橋主鋼梁上下翼緣中應力的關係即可看出。

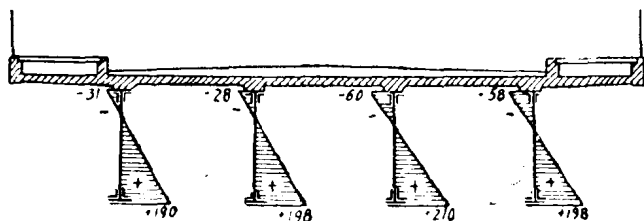


圖4 聯合梁試驗結果

6) 聯合梁斷面及其受力階段

普通方法修築的聯合梁受力情況如下：

鋼梁起初受本身重量、連結構件重量及其上灌注的鋼筋混凝土版連同模型板重量的荷載。上述荷載以後我們叫它恒載第一部份，它作用於鋼梁，引起鋼梁中某些應力。等待版混凝土硬化後，由於版與鋼梁連結的關係，全部恒載（塗層、防水層、保護層、路面鋪裝及欄杆等重量）及作用於橋梁上的活載就傳達於鋼筋混凝土版與鋼梁共同受力的聯合斷面中。這部份由鋼梁與鋼筋混凝土版聯合斷面承受的恒載以後我們叫它恒載第二部份。

為節省鋼料起見，選擇鋼梁斷面主要尺寸，必須要使由全部恒載及活載所發生的應力接近於鋼梁上下翼緣的容許應力。

因為當聯合斷面受力時，鋼筋混凝土版大大分散了鋼梁上翼緣的荷載。上翼緣中由恒載第二部份及活載所發生的應力不大，其斷面一般最好要比下翼緣小些。當恒載第一部份作用而發生彎曲時，鋼梁重心及其中立軸0—0的位置在梁高中點以下（見圖5）。梁上翼緣由恒載第一部份發生的相當壓應力 σ_{B0} 大於梁下翼緣中的拉應力 σ_{H0} 。當因恒載第二部份及活載作用而發生彎曲時，聯合斷面重心及其中立軸X—X

高出梁高中點很多，幾接近於梁的上翼緣。因此，由於這些荷載而發生在鋼梁下翼緣中的拉應力 σ_H ，較發生在上翼緣中的拉應力 σ_B ，大得多。

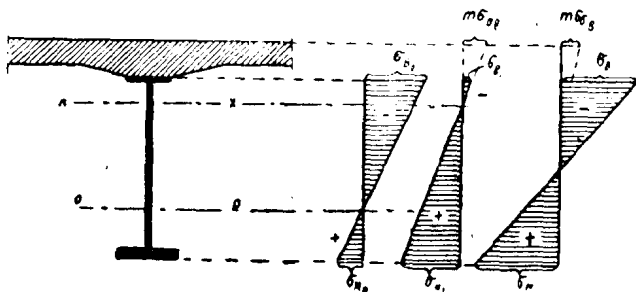


圖5 聯合梁在兩個荷載階段的受力情況

為最完全而有效地使用鋼料起見，最好選擇鋼梁上下翼緣斷面面積間的關係，使應力總和 $\sigma_H = \sigma_{H0} + \sigma_H$ ，及 $\sigma_B = \sigma_{B0} + \sigma_B$ ，彼此相等，並接近於所用鋼料的容許應力（見圖5）。

上述聯合梁在兩個荷載階段的受力情況下就是這種式樣的構造中鋼梁斷面的特點。只有用軋製工字梁所組成的小跨徑梁（行車系梁，小橋）的斷面才是對稱的（見圖6-a）。在較大的鉚接斷面梁中，上翼緣較下翼緣的斷面小很多。其上僅有水平板（見圖6-b），或者僅由一些角鋼組成（見圖6-b'）。

鉚接梁中，上翼緣由最小斷面的板做成（見圖6-c），其下翼緣需要由較厚的板做成。還有一種圖6-d式樣的斷面，這種式樣的特點就是翼緣板用角鋼鉚固於垂直腹板上。角鋼的位置使其尖端與垂直腹板鉚固。角鋼翼緣也與水平板鉚固。這種結構的意義就是能使水平板均勻地以兩個鉚縫來使其受力。鉚縫將垂直腹板鉚固於角鋼，使稍稍離開斷面中最大應力區。但是這種構造是否合理很有疑問。在我們的工程中實際上不採用。

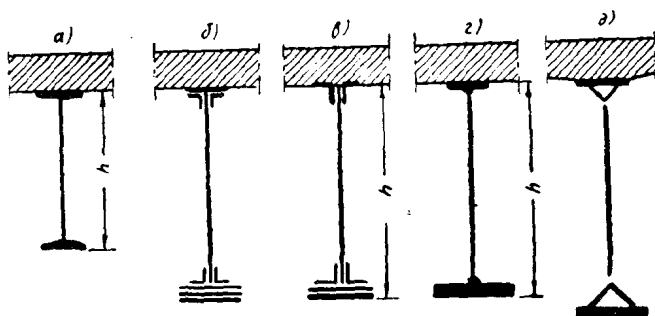


圖6 與钢筋混凝土版共同受力的鋼梁斷面圖

與钢筋混凝土版共同受力的鋼梁高度應根據用鋼最少的條件來確定。МАДИ研究結果^①證明钢筋混凝土版聯合鋼梁最合適的高度較普通鋼梁略小。在實用上聯合鋼梁的高度可較普通鋼梁小10—20%。

§ 3. 聯合梁橋的構造

聯合梁橋的構造類似普通整體式梁橋的構造。聯合梁構造的特點為保證鋼梁斷面與钢筋混凝土版連結，在前面已講過。有了與主鋼梁結為一整體的钢筋混凝土版，可以保證主梁間的可靠連結。這樣，假若根據安裝情況不需設置縱向連接構（風構）時，即不必在主梁上翼緣間設縱向連接構。

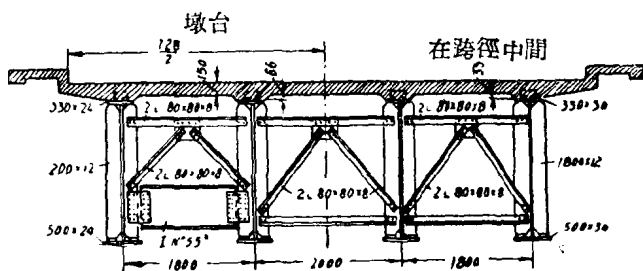


圖7 聯合梁上部構造橫斷面

①由МАДИ橋梁講座工程師Н.Н.阿列克雪耶夫進行的研究。

圖7^①、8所示係計算跨徑為32.4公尺的鋼梁與鋼筋混凝土版聯合梁橋上部構造圖。上部構造在橫斷面上有四個主梁，相互距離為1.8；2.0及1.8公尺，橋面鋼筋混凝土版直接支於其上。橋面版的厚度為15CM。鉗接的主鋼梁設有鉗接安裝結合。主梁垂直腹板高度為1,800MM；跨徑中間鋼梁總高度為1,860MM或跨徑的 $\frac{1}{17.4}$ 。這對非連續上部構造的鋼梁主梁說來是非常小的數值。主梁斷面在上下翼緣中都有水平板。但上翼緣斷面由於水平板寬度較小的原因，較下翼緣斷面為小。水平板厚度在梁跨徑中間為30公厘，到跨徑 $\frac{1}{2}$ 處減至24公厘。水平板斷面在鋼梁接頭處變化。

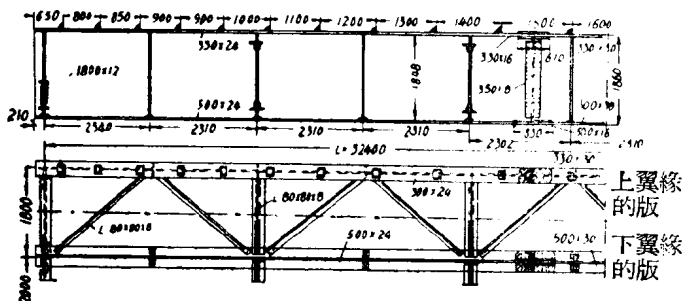


圖8 上部構造主鋼梁

於圖3-4所示主鋼梁上翼緣上鉗有加強斜板的連結角鋼。連結角鋼間距離是變動的，在支座處為800MM，至梁跨徑中間為1,700MM。上部構造上順主鋼梁下翼緣安置有縱連接構，且為成對連接者。除此以外，在主梁間尚設置橫向連接構，相互距離為4.6M。

上部構造沒有上部縱向連接構，因為鋼筋混凝土版連結着主鋼梁上翼緣。

①按工程師Г.А.波夫研究所得的式樣。

上面列舉聯合梁非連續的上部構造，說明了這種構造完全類似鋼板梁普通上部構造。

§ 4. 懸臂聯合梁及連續聯合梁的構造特點

與鋼筋混凝土版聯合的懸臂梁及連續梁在正彎矩地段共同受力，因為版處於斷面壓力區域。支座以上部份彎矩為負的，版處於拉力區域，因此不可能與鋼梁直接共同受力。

鋼筋混凝土版在拉力區域與鋼梁共同受力，僅在採取特別方法使版混凝土預先受壓（調整支座位置、採用預應力鋼筋等）如下面第五章所述時，始能與鋼梁共同受力。假若不對拉力區域的版採取特別措施時則此混凝土版不計入受力斷面。鋼梁在負力矩地段中應計算承受全部計算力矩。因此在負力矩地段的鋼梁斷面應較正力矩地段斷面大得多。這種情況下負力矩地段鋼梁的斷面應在上下翼緣相同對稱地加寬。

另外有一種意見認為在版處於拉力區域的地段不應使其與鋼梁連結，甚至應使用塗料或襯層防止鋼與混凝土粘着，使其完全與鋼梁分開。這種意見是不正確的。使版與鋼梁分開，不僅不能使混凝土中不發生很大的拉應力，同時還可能在分開段的端部發生很大的剪力，也可能在拉力區域版中出現集中裂縫。因此在整個鋼梁中鋼筋混凝土版與鋼梁之間均應有連結構件。就是在負力矩彎矩地段也不應間斷。

為改善懸臂聯合梁及連續聯合梁的受力條件起見，在有負力矩的支座上面部份，除第五章所述各方法外，還可以建議採用下列方法。

為減少版混凝土中發生的拉應力及節省鋼料起見，最好是加大支座上伸入鋼筋混凝土版厚度範圍內鋼梁的高度（見圖9-a）。

鋼梁高度應很平順地增高，同時昇高的起點應接近於力矩零點，通常是在壓應力區域內。假若翼緣斜的一段的起點可能受拉力時，翼緣總應力的垂直分力 V 驗算翼緣與腹板連結處的應力。此分力係發生於上翼緣外形轉變處（見圖9-a）。鋼梁上翼緣伸入鋼筋混凝土版中

可減少混凝土中由於版與鋼梁共同變形而發生的拉應力。事實上，版上面的拉力變形 ε_p 相當於鋼梁上翼緣中的應力（圖9-b）。此時如版在一般位置上，則拉力變形較大（見圖9-6）。鋼筋混凝土版中垂直於鋼梁的上層鋼筋，可能直接在鋼梁上翼緣上通過（見圖9-r）；下層鋼筋應中斷。下層鋼筋完全允許中斷，因為鋼梁在支座上面部分沒有撓曲（或僅有很小的撓曲），因此在主梁上的行車系版中的力矩永遠是負的。

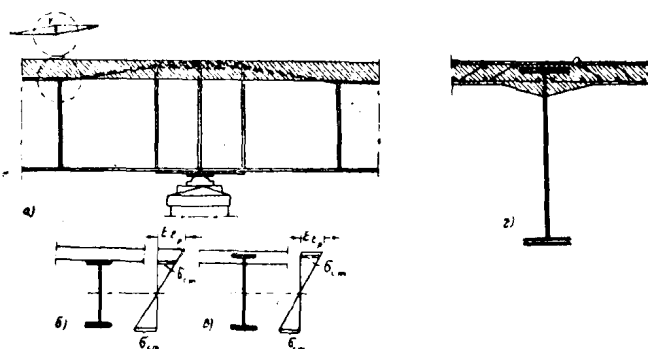


圖9 在有負力矩的支座上部分加大鋼梁的高度

如支點力矩很大，需要加高鋼梁時，可採用向上下方向加大鋼梁垂直腹板的方法（見圖10）。

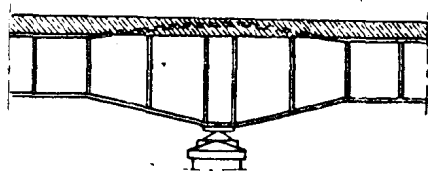


圖10 向上下方向加大鋼梁
支座上斷面的高度

在實踐上，近年來懸臂聯合梁橋及連續聯合梁橋的設計與施工廣泛採用這種構造式樣。就是在負彎矩地段於鋼筋混凝土版中設置鋼筋與鋼梁共同受彎（見圖

11-a)。在這種情況下，所得的聯合斷面是由鋼梁及安置於其拉力翼緣上的鋼筋所組成。由混凝土將其結合為一整體，鋼筋混凝土版（其混凝土）本身位於斷面的拉力區域不參加受力，但能保證使其中安置的鋼筋受力。

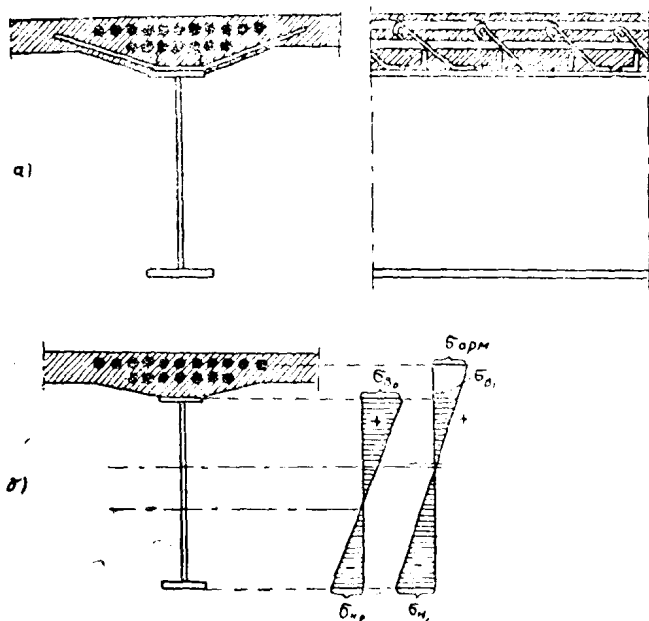


圖 11 版拉力區安置鋼筋的聯合梁結構圖

當恒載第一部份作用時，彎矩僅由鋼梁承受。

當恒載第二部份及活載作用時，設置於版中的鋼筋與鋼梁共同受力。

選擇鋼筋及鋼梁的斷面時（見圖 11-6），應使梁上下翼緣中的應力總和 $\sigma_H = \sigma_{H0} + \sigma_H$ 及 $\sigma_B = \sigma_{B0} + \sigma_B$ 接近於所用鋼料的容許應力，鋼筋中的應力 $\sigma_{арм}$ 應使接近於鋼筋的容許應力。