

正員 東京大学生産技術研究所 福田 武雄

§1. ま え が き

コンクリート床版とこれを支持する鋼桁とを一体構造とするいわゆる合成桁はすでに一般化したか、この考えをトラスに応用した実例は未だこれを知かない。トラスの上弦材は圧縮材であるから、上路トラス橋ではコンクリート橋床を上弦材の一部として活用できるわけである。それで、著者は、新潟県中宿橋・宮城県滝之沢橋の架設に際し、この考えにもとづいて合成トラス橋を設計した。

これら2橋においては、鋼の上弦材をコンクリート床版中に埋込み、床版の一部を上弦材の有効断面にとり入れる構造にした。そして、いわゆる“活荷重合成橋”として設計した。したがって死荷重はほとんどすべて鋼トラスによって負担され、床版が完成してからの荷重（舗装・高欄などの死荷重、活荷重、雪荷重）が合成トラスによって支持されることになる。

§2. 上弦材の合成について

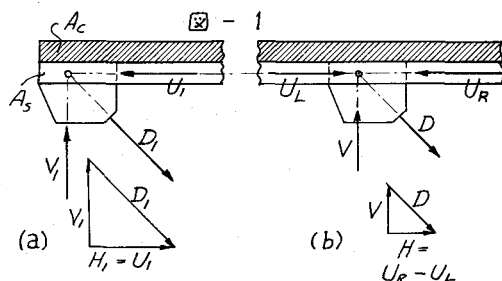
鋼材とコンクリートとが一体となって有効にはたらくためには、この両者が十分に接合されていなければならない。この両者の接合部にどのような力がはたらくかについては、残念ながら今のところ確信ある答えを得ていない。普通の鉄骨コンクリート造の建築物ではこのようなことをまったく問題としていないのであるが、トラスの上弦材として考えるとときには、ある程度これについて考慮する必要がある。

合成上弦材における鋼材部とコンクリート部との関係は、普通の鋼材の組合せ圧縮材における腹部にたいするカバープレート、または基本断面にたいする付加カバープレートまたは側板の関係と同じと考えることができる。鋼部材におけるこのような材片のトジ合せについては別に計算をしないのが普通であるが、合成上弦材の場合には、基本断面より付加断面の方がはるかに大きいので、その接合については十分に考慮しなければならない。これについては、つぎのように考えてよいと思われる。

まず上弦の端格奥では、図-1(a)に示すような力が作用し、端斜材の応力 D_1 の水平分力 $H_1 (=U_1)$ がガセットによって上弦材に伝えられる。この H_1 のうち鋼材部およびコンクリート部が分担する力を H_{1s} 、 H_{1c} とすると、それぞれつぎのようになる。

$$H_{1s} = \frac{nA_s}{A_c + nA_s} H, \quad H_{1c} = \frac{A_c}{A_c + nA_s} H$$

H_{1s} はガセットによって直接に鋼材部に伝えられるから問題はないが、 H_{1c} は鋼材部からコンクリート部に伝えられねばならない。そしてコンクリート部と鋼材部とは端格奥においてはすでに完全に合成されていなければならないから、この両



者は端格臭に達するまでに H_{ic} にたいして完全に接合されていなければならない。しかし図-1(a)の場合には、これは実際には無理であって、端格臭のガセットの範囲内において H_{ic} にたいし安全であるように接合すれば十分であると考え。この意味においては、トラスの型式としては、中桁橋のプラット型よりも滝之沢橋の型式の方がよい(図-4)。

中間格臭(図-1, b)においても、腹材の応力の合力の水平分力 $H (=D_R - D_L)$ がガセットを通じて上弦に伝えられ、 H のうち $H_c = H \cdot A_c / (A_c + n A_s)$ をその格臭に達するまでの間にコンクリートに伝えておく必要がある。しかし中間格臭においては、そこに達するまでの間にリベット頭、レーシングまたは鋼とコンクリートとの付着などによって十分安全に接合されていると考えてよいから、 H_c について特に換算したりすることは、一般に不必要である。ただし鋼材の上部に床版を載せる合成方法のときには、上記の H にたいして十分なようにジベルなどで接合する必要がある。

この接合計算は、活荷重合成の場合には、活荷重載荷の場合について行えばよい。それは、床版合成前の応力は、すでに鋼材トラスだけで受持たれ、これを床版コンクリートに伝える必要はないからである。

§ 3. 合成上弦材の設計

合成トラスと言っても、上弦材だけがいわゆる鉄骨コンクリート構造となるのであるから、いろいろの原因による二次応力を無視すれば、下弦材と腹材の応力は通常のトラスとまったく同様である。問題は上弦材である。上弦材の応力は、床版合成前と合成後に分けて考えねばならない。

(a) 床版合成前の上弦材応力(鋼材上弦材のみに作用する)

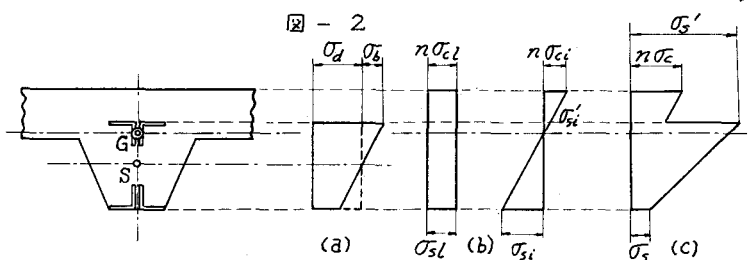
i) 基本死荷重応力. 大部分の死荷重(鋼トラスと床版の自重)による応力(σ_d)は普通のトラスの解法によって求められ、鋼材部に一様に分布する。

ii) 架設応力. 床版コンクリートを施工するとき、まだ固まらないコンクリートや型枠などの重量は鋼材上弦材によって支持されるから、これらの重量は鋼材上弦材にたいし中間荷重として作用し、これによって曲げ応力を生ずる。この曲げ応力(σ_b)は、鋼材断面に永久応力として残留するものであるが、いわば架設応力である。

上記2種の応力を加えると、床版合成前の荷重によって鋼材上弦材に生ずる応力は図-2(a)のようになる。

(b) 床版合成後の上弦材応力(合成上弦材に作用するもの)

i) 付加死荷重および活荷重による応力. 付加死荷重(舗装・高欄などの自重、雪荷重をふくむ)および活荷重(衝撃をふくむ)によるトラス部材としての軸方向圧縮応力(σ_{cl} , σ_{sl})。この場合、たとえば図-2に示すように、鋼材断面の重心 S と合成断面の重心 G とは一般に一致しない。そしてトラスの骨組線は S を通過するのであるから、トラス部材としての軸



圧縮力は S を通して作用し、したがって合成断面には軸圧縮力の偏心作用にもとづく曲げモーメントが作用するものと考えられる。中宿橋および滝之沢橋の設計に際しては、この曲げモーメントによる曲げ応力を加算して計算した。しるるに中宿橋について行なった載荷試験の結果(土木学会誌, 昭32-2)を検討すると、この軸圧縮力の偏心による曲げモーメントは考える必要がないこと、むしろ、考えるべきでないことがわかった。これは、軸圧縮力の偏心による無理は、合成断面の上弦材にくらべては剛度がきわめて小である腹材によって処理され、合成上弦材には影響を及ぼさないと思われる。したがって本項の応力は、合成断面に一様分布するものと考えてよいことになる。

ii) 中間荷重による曲げ応力。合成上弦材は縁側縦桁としての役目をするから、中間荷重として作用する付加死荷重、雪荷重および活荷重によって曲げ応力が生ずる。これを σ_{ci} , σ_{si} , σ_{li} とする(図-2参照)。

(c) 合応力。上記各種の応力を合成すると図-2(c)のようになる。

§4. 上弦材の許容応力

(a) 床版合成前の許容応力

鋼材をコンクリート中に埋込む場合においても、上記の $\sigma_d + \sigma_b$ は永久に残留する応力であるから、これにたいしては通常の許容軸方向圧縮応力(f_s)をとるのが望ましいが、床版コンクリートが硬化した後においては、鋼材独自の座屈は考えられず、この心配があるのはコンクリートが硬化するまでの架設期間中だけであり、 $\sigma_d + \sigma_b$ はいわば架設応力と考えられるので、この場合には f_s のある程度(たとえば30%)の割増しを許しても十分に安全であると考える。

(b) 床版合成後の許容応力

この場合の合応力の分布は大体において図-2(c)のようになる。まずコンクリートの圧縮応力 σ_c はその許容応力 f_c より小でなければならぬ。

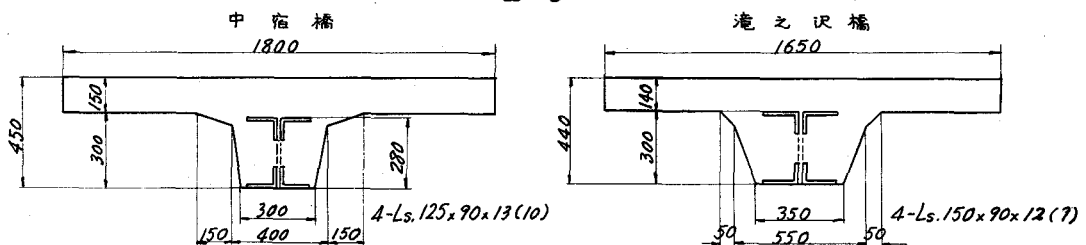
鋼材部については、 σ_s は通常きわめて小であり、これについては通常の軸圧縮部材の許容応力 f_s を適用すべきであり、また、適用しても十分に安全であるのが普通である。鋼材部の最大応力は σ_s' であるが、これについては座屈の心配がないから、 f_s ではなく、短柱としての許容圧縮応力(1200 kg/cm^2)が許される。

§5. その他の問題

(a) 上弦材としての床版の有効幅

コンクリート床版のどれだけの部分が上弦材として有効に作用するかは、箱桁や丁桁の

図-3



フランジの有効幅の問題と同様に、未解決の問題である。中宿橋および滝之沢橋の設計においては、外側は地覆コンクリートの端まで、内方は上弦材と隣接縦桁との間隔の中心までの床版を有効と考え、図-3の断面を仮定した。中宿橋の載荷実験の結果では、 $n=8$ とした場合、この仮定断面は大体において妥当であった。

(b) 上弦材のレーシングバー

上弦材のレーシングバーは、鋼材の上下部を連結する役目だけでなく、架設中の中間荷重によって生ずるせん断力ととらねばならない。これについての計算が必要である。

(c) 上横構の省略

上横構は、鉄筋コンクリート橋床と主構と剛結されるから、橋床が横荷重にたいし有効に抵抗すると考えて、これを省略することができる。

§6. 鋼材の節約と实例

以上のようにして設計した結果、上弦材鋼材断面の減少、縦桁数の減少、上横構の不要などが重合して、所要総鋼重は、通常の設計になるものにくらべて、いじじるしく小になるはずである。実際、中宿橋および滝之沢橋についてみると、表-1のようである。

通常の設計の場合、中宿橋では最小限45t、滝之沢橋では47~50tの総鋼重が予想され、これにくらべると、中宿橋では約2.5割、滝之沢橋では約3割以上の鋼材節約になっている。

中宿橋および滝之沢橋はともにオス種荷重(LT-14)にたいして設計され、中宿橋はすでに昭和31年3月に完成、滝之沢橋は昭和32年3月現在、鋼材製作中である。両橋の主要寸法は下図のとおりである。

表-1

区 分	中 宿 橋	滝之沢橋
主 橋 体	31.965t 171 kg/m ²	32.786t 173 kg/m ²
支 承・高欄等	2.186t	4.201t
総 鋼 重	34.141t	36.987t

図-4

