

I - A181

合成下路トラス・アーチ橋の軸力分担及び
ずれせん断力の定量化に関する一考察

（株）日本構造橋梁研究所 正会員 三代正信

日本鉄道建設公団 正会員 保坂鐵矢

1. はじめに 近年の鋼トラス・アーチ系鉄道橋では、コンクリート床版を下弦材に直載した床組構造の採用が多い。本構造では、鋼桁からの付加応力に対する床版のひび割れ対策として、各横桁位置に伸縮目地を設けることが通例であったが、浸水等による腐食面で弱点となりやすく、目地無し構造への転換が図られている。更に床版との合成作用が、桁の剛性向上と応力緩和に大きく寄与することが明らかとなる^{1), 2)} なかで、床版の目地を省略した合成構造としての設計が検討されつつある。しかし下弦材や床版の応力性状の定量化を試みた理論的研究はほとんど見受けられず、またずれ止め応力の評価法も確立されていない。本報文では、合成下路トラス橋を対象に、下弦材の軸力分担およびずれせん断力の定量的評価法について報告する。

2. 構造解析 図-1に示すような、板要素と梁・柱要素から成る立体モデルの解析を行った。なお床版は、ガセットにより開口するため、格点近傍の板要素を切り欠いたモデルとした（切り欠き法は、格点中心、弦材中心からそれぞれ A_0 、 B_0 とする）。荷重は、床版上全面の単位荷重載荷（ 1 tf/m^2 ）とした。また比較のため、同条件の平面トラス解析も併せて実施した。

3. 下弦材軸力の発生傾向及び簡易算出法 解析により得られた下弦材軸力を模式的に描くと図-2のようになる。ここに ξ および ξ' は、格間一般部および中間格点部それぞれの、合成断面積に対する鋼桁断面積比で下式による。

$$\xi = A_s / (A_s + B/2 \cdot t_c / n) \cdots \cdots \text{格間一般部}$$

$$\xi' = A_s / (A_s + B_1/2 \cdot t_c / n) \cdots \cdots \text{中間格点部}$$

A_s : 下弦材鋼断面積、 t_c : 床版厚、

n : 鋼とコンクリートのヤング係数比

模式図-2を見れば分かるように、格間一般部における軸力分担は、鋼桁・床版の伸び剛度比と一致する。しかし中間格点近傍では、両者の負担軸力に急激な増減が現れる。この理由は以下のように説明できる。すなわち、下弦材軸力は各部材ごとに不連続な変化を呈するが、床版負担軸力はこの軸力変化に対して滑らかに追従する。この影響により鋼桁軸力には、床版の軸力変化と異符号の増減が格点部近傍に現れることになる。中間格点位置での軸力分担は、床版負担軸力を、格点左右の平均軸力 N_m に対する負担比 $(1 - \xi')$ として与えた場合によく一致する。すなわち中間格点での鋼桁軸力は、下式のように求めることができる。

$$N_{KL} = N_L - (1 - \xi') \cdot N_m, \quad N_{KR} = N_R - (1 - \xi') \cdot N_m$$

ここに N_m は、格点左右部材の平面解析軸力の平均値（ $= (N_L + N_R) / 2$ ）である。

4. ずれせん断力の定量化 合成桁の温度等のせん断力と同様、三角形分布での定量化を考える。せん断力の総和は鋼桁軸力の変化量であり、前項で既知であることから、せん断力の収束点（ゼロとなる点）を定量

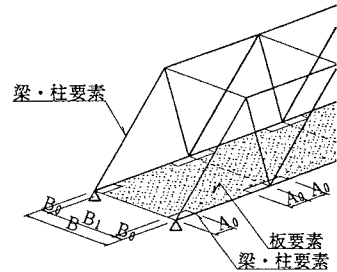


図-1

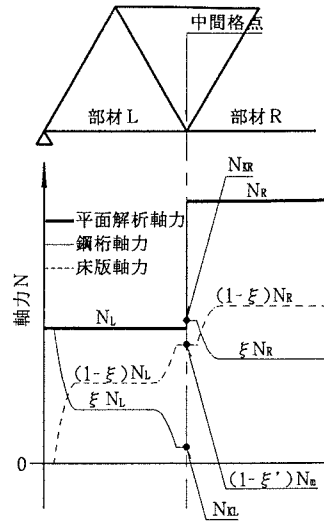


図-2

キーワード：合成下路トラス・アーチ、軸力分担、ずれせん断力

〒541-0051 大阪市中央区備後町 1-5-2 (株) 日本構造橋梁研究所、TEL06-6203-2552 FAX06-6203-2558

化できれば設計せん断力分布を与えることができる。せん断力収束点は、床版有効幅の一定値収束点であるため、床版有効幅の定量化について検討を行った。

4.1. 桁端部のせん断力分布 桁端部の床版の切り欠きの影響を検討するために、切り欠き無しの場合も含め切り欠き形状を種々変化させ解析を行った。得られた解析軸力から床版有効幅を求めた結果、図-3に示すように鋼桁から床版への伝達応力と等価な床版有効幅 b_e が、端支点から κA_0 の位置を原点に描いた2:1勾配の線分を漸近線とする双曲線としてモデル化できることが明らかとなった。ここに κ は、

$$\kappa = 4\sqrt{2B_0/B}$$

で与えられる。この定式化された床版有効幅式的全幅有効 ($b_e = B/2$) となる位置が有効幅の収束位置であり、これを端支点からの距離 δ_1 で表わせば下式のようなになる。

$$\delta_1 = \kappa A_0 + \sqrt{\{(1-\kappa) \cdot A_0\}^2 + B^2}$$

以上より桁端部の設計せん断力は、図-4のようなになる。ここに、

$q_{\max} = 2(1-\xi)N_0/(\delta_1 - A_0)$, N_0 : 桁端部の平面解析軸力である。

4.2. 中間格点部のせん断力分布 中間格点部と格間一般部との軸力差は、①格点部の床版断面欠損による鋼桁の軸力分担増と、②斜材水平力による格点左右部材の軸力変化の影響、とに分類される。①の軸力差に対する有効幅を検討した結果、その広がりは2:1勾配の直線になることが判明した。この有効幅が、床版欠損幅 B_0 になったときに軸力伝達が収束するため、せん断力分布幅は $2B_0$ となる。次に②の作用、すなわち斜材水平力の床版への伝達応力と等価な有効幅について検討を行った結果、その性状は、桁端部のそれに近い性状となり、1.5:1勾配の線分を漸近線とする双曲線式で近似しうること、漸近線の原点を表わすパラメータ κ が上式と同値で与えられることが判明した。すなわち②の軸力変化に対するせん断力の収束位置は、格点中心からの距離を δ_2 として下式で表わすことができる（図-3において、支承位置を格点中心、漸近線の2:1勾配を1.5:1勾配と読み替える）。

$$\delta_2 = \kappa A_0 + \sqrt{\{(1-\kappa) \cdot A_0\}^2 + (1.5B/2)^2} \quad (\kappa = 4\sqrt{2B_0/B})$$

設計せん断力は、①と②の重ね合わせとして求められ、これを図示すると図-5のようなになる。ここに、

$$q_{\max 1} = 2(\xi' - \xi)N_0/(2B_0) \quad \cdots \cdots \cdots \text{①の作用に対するせん断力}$$

$$q_{\max 2} = 2(1-\xi)(N_0 - N_m)/(\delta_2 - A_0) \quad \cdots \cdots \text{②の作用に対するせん断力}$$

N_0 : 格点の着目部材側の平面解析軸力（図-2の N_L または N_R ）

である。

5. 最後に 本報文では、トラス橋を対象とした検討結果について論じたが、アーチ橋に対しても同様の検討を行っており、本文中の提案式は、全てアーチ橋にも適用しうるように定式化している。すなわち、下弦材軸力を全部材一定 ($N_L = N_R$) と与えることで、アーチ橋における軸力分担やずれせん断力が得られる。

参考文献 1)日本鉄道建設公団：鉄道総合技術研究所委託研究（武庫川橋梁ジベル応力測定） 2)井口・津金・八巻：コンクリート床版を合成した鉄道下路トラス橋の設計，土木学会年次学術講演会，1991-9.

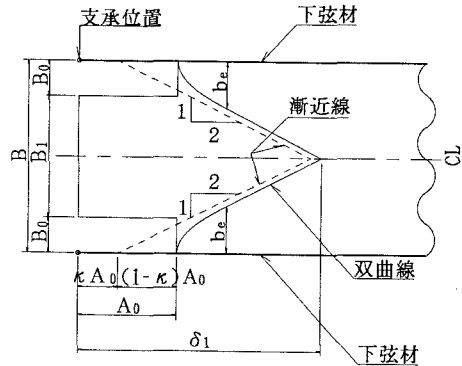


図-3

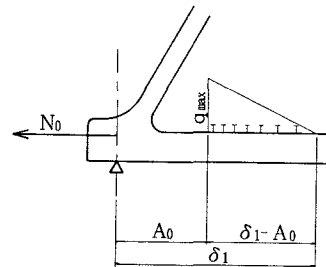


図-4

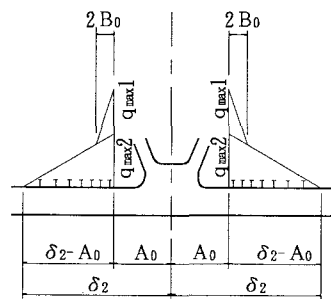


図-5