

摂南大学工学部 正会員 平城 弘一 摂南大学工学部 宍岐 和治
コスモ技研(株) 正会員 ○ 武藤 和好 大阪大学大学院 フェロー 松井 繁之

1. まえがき 連続合成桁橋が建設される場合、立地条件によって全径間の床版コンクリートを1度に打設することができないことも想定できる。その際、版コンクリートは何度かに分けて打設されることになるが、それぞれの打設コンクリート間には材齢差が生じ、ヤング係数や乾燥収縮量の違うコンクリートが打継ぎ目において一体化されることになる。そのため、コンクリートの打継ぎ目で応力差が発生し、ひび割れを発生させる要因を引き起こす、と考えられる。そこで本研究では、1 本主桁の 3 径間連続桁を対象解析モデルとし、Pickett のひずみの拡散方程式に基づいて床版内の自由収縮ひずみを計算し、得られたひずみ量に相当する温度応力を載荷して、RC床版の乾燥収縮による発生応力を解析した。

2. 解析方法 自由収縮ひずみの基礎方程式は次式となる。

$$k \frac{\partial^2 \epsilon_s}{\partial z^2} = \frac{\partial \epsilon_s}{\partial t}$$

ここに、 ϵ_s : 収縮ひずみ、 k : 収縮の拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{日}$)、 t : 時間 (日) である。この式を時間と床版厚さ方向との差分方程式に置き換え、床版内部に発生するひずみ分布を経時的に求める。床版厚さ方向の自由収縮ひずみ分布の経時変化を図-1 に示す。差分法から求められたひずみを使い、RC床版が自由収縮することによって生じる合成桁断面の床版内の乾燥収縮応力を求める。図-2 のように要素分割された床版の各要素に、図-1 の乾燥収縮ひずみ値を温度応力で定義することにより解析を行った。橋軸直角方向の乾燥収縮ひずみは、床版主鉄筋の拘束が強いと考え、橋軸方向のひずみ値に対して 2 割低減させた。さらに各材齢ごとの乾燥収縮応力は、若材齢(30 日までの)版コンクリートのヤング係数が変化することを考慮に入れて、累積して求めた。

3. 解析モデルおよびパラメータ 解析モデルの要素分割図を図-2 に示す。対象橋梁のスパン長は 140m (44+52+44m)である。橋軸方向の要素分割は 70 等分とした。各断面において鋼桁上面と版コンクリートハンチ下面との接合面はダブル節点とし、3 方向のばね要素を挿入して連結する。柔なスタッド 1 本あたりの水平 2 方向のずれ定数(K)を 113300N/mmとし、垂直方向のKは無量大と仮定した。なお、完全合成の場合、3 方向の K は無量大であると仮定した。スタッド間隔をパラメータとし、スタッド間隔 10cm、100cm、完全合成の 3 パターンを解析対象とした。スタッド間隔 10cm の場合が柔なスタッドを用いたときの最小間隔と設定し、100cm の場合を最大間隔と設定した。版コンクリートの打設手順は、2 段階打設(A タイプ)と 3 段階打設(B タイプ)の 2 種類とし、それぞれの打設順序を図-3 に示す。2 段階打設の場合、ステップ 2 の直前で、また 3 段階打設の場合、ステップ 2 とステップ 3 の直前で、それぞれの段階で打設された版コンクリートの死荷重を考慮している。打設されたコンクリートは 1 日で硬化し、その後は構造部材の一部として断面剛性に寄与するものと考えた。各ステップのコンクリートは、2 段階打設・3 段階打設ともに、3 日おきに打設されるものと仮定した。

表-1 乾燥収縮ひずみの解析パラメータ

上下面の最終ひずみ	430 μ
表面係数	0.1cm/日
拡散係数	0.3cm ² /日

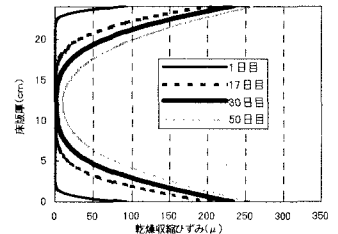


図-1 自由収縮ひずみの経時変化

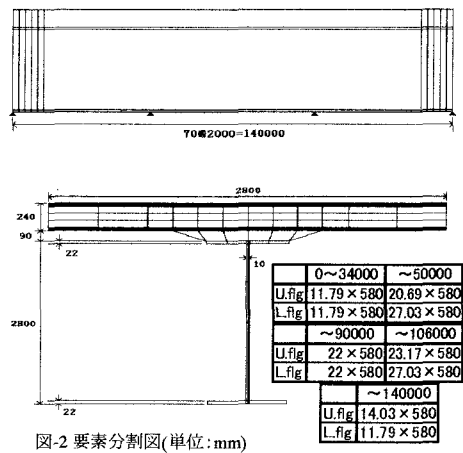


図-2 要素分割図(単位: mm)

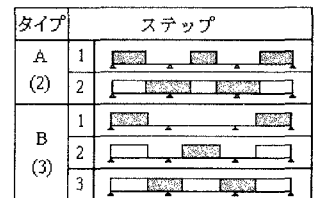


図-3 コンクリートの打設順序

4. 解析結果および考察

対象橋梁は橋軸方向に対して 1/2 モデル(70m)で解析された。A タイプ(2 段階打設)では 1/2 モデルで、ステップ 1 において側径間部の 26m、中央径間部の 10m を同時に、さらにステップ 2 で中間支点部の 34m に対して、コンクリートを順次打設すると仮定した。一方、B タイプ(3 段階打設)では同様に、ステップ 1 で側径間部の 28m、ステップ 2 で中央径間中央部の 14m、さらにステップ 3 で中間支点部の 28m に対してコンクリートを順次打設すると仮定した。ただし、解析には合成後死荷重と活荷重は考慮していない。図-4～-6 に A タイプに対する鋼桁ウェブ直上のコンクリートハンチ下面における橋軸方向応力(σ_x)の経時変化を示す。なお、A・B タイプとも完全合成の解析結果に対しては、鋼桁ウェブ直上のコンクリート上面の計算結果も図中に併記している。図-6 より明らかなように、材齢 50 日目で全径間にわたり、床版内にひび割れ発生応力に相当する引張応力(2.0N/mm²)が発生している。そして、完全合成の弾性合成化は、床版内に生じる引張応力を低減させるのに有効であると言える。図-7～-10 に A タイプの場合と同様、B タイプの橋軸方向応力(σ_x)の経時変化を示す。まず、図-8 から明らかなように、材齢 3 日目(死荷重考慮)で側径間の中間支点側コンクリート端部近傍において、中央径間中央部のコンクリート打設によって、床版内に大きな引張応力を引き起こしている状況がわかる。さらに、図-10 から明らかなように、A タイプと同様に材齢 50 日目で全径間にわたり、床版内にひび割れ発生相当の応力が発生している。B タイプでも弾性合成化は床版内の引張応力を低減させることに有効であることが立証された。50 日間の解析結果から、A・B タイプとも完全合成ではコンクリートの打継ぎ目で床版内の応力に段差が生じているので、今後は施工を慎重に行うべきであろう。

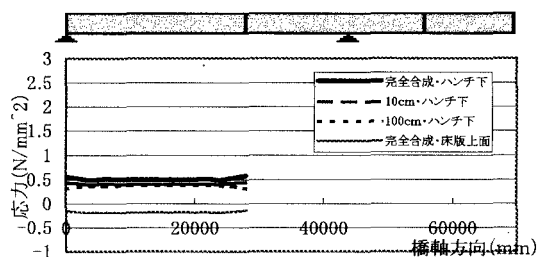


図-7 ウェブ直上の σ_x , 3 日目[B タイプ, ステップ 1]

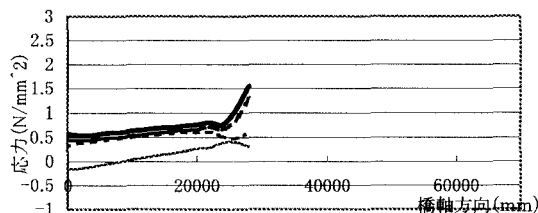


図-8 ウェブ直上の σ_x , 3 日目:死荷重考慮[B タイプ, ステップ 2 直前]

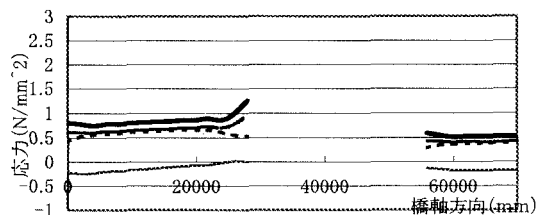


図-9 ウェブ直上の σ_x , 6 日目:死荷重考慮[B タイプ, ステップ 3 直前]

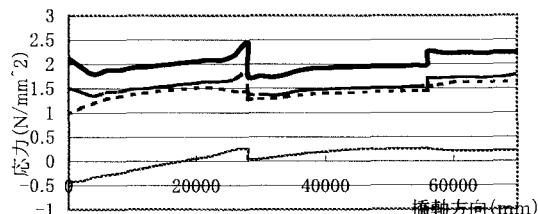


図-10 ウェブ直上の σ_x , 50 日目[B タイプ, ステップ 3]

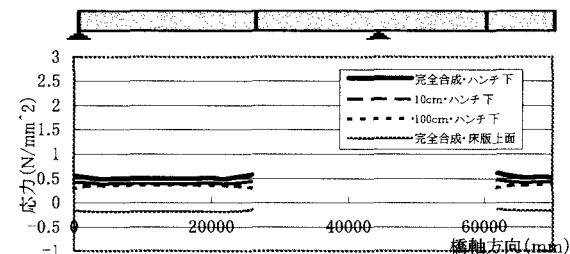


図-4 ウェブ直上の σ_x , 3 日目[A タイプ, ステップ 1]

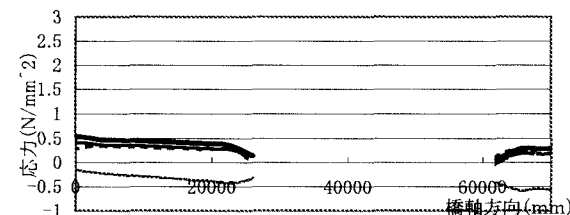


図-5 ウェブ直上の σ_x , 3 日目:死荷重考慮[A タイプ, ステップ 2 直前]

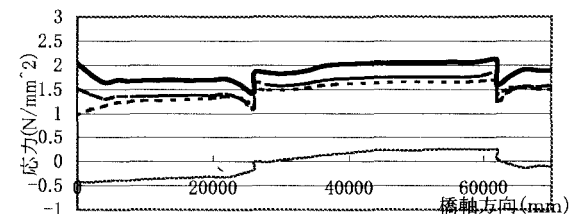


図-6 ウェブ直上の σ_x , 50 日目[A タイプ, ステップ 2]