

摂南大学工学部 正員 平城 弘一 摂南大学工学部 学生員 ○大鋸 伸広
酒井鉄工所 正員 武藤 和好 大阪大学大学院 フェロー 松井 繁之

1. まえがき ウレタン付きスタッド（柔スタッド）が通常のスラブアンカーに比べて、より柔な合成挙動を呈する「ずれ止め」であることは、過去の一連の研究で明らかにされている。本研究では、合成構造におけるRC床版の乾燥収縮に起因するひび割れ現象に着目し、それら構造形式のずれ止めとしてウレタン付きスタッドが用られたならば、乾燥収縮によって生じる引張応力は低減される、と考えた。Pickett のひずみの拡散方程式に基づいて床版内のひずみを計算し、その結果を用いて、FEM解析でスタッド間隔とずれ剛性をパラメータとおき、RC床版の乾燥収縮による発生応力について解析した。

2. 解析方法 自由収縮ひずみの基礎方程式は次式となる。

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

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。

差分法から得られたひずみを使い、RC床版が自由乾燥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-1(I)に示すように2つの系(1,2)を考え、自由収縮した床版断面に、その収縮を拘束する外力Fを加える系1の状態と、合成断面にこの外力を開放するために作用させる系2の状態の結果を重ね合わせることによって、合成桁の乾燥収縮応力が求まる。しかし本解析では、若材齢の床版内のひずみが一律でないと考え、図-1(II)に示すように、床版に強制変位を与えて解析することとした。さらに若材齢の床版のヤング係数の変化も考慮に入れ、各材齢ごとの乾燥収縮応力を累積して求めた。

表-1 自由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 f (上下面)	0.1 $\text{cm}/\text{日}$
拡散係数 k	0.3 $\text{cm}^2/\text{日}$

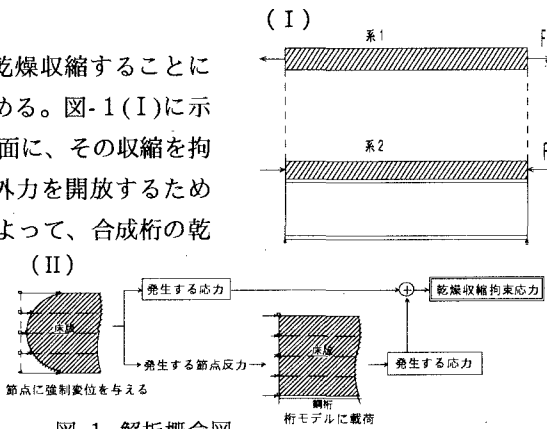


図-1 解析概念図

3. 解析モデルおよびパラメータ 自由乾燥収縮ひずみ解析は表-1の入力データをもとに行った。

解析対象とした単純合成2主桁の解析モデルの要素分割図を図-2に示す。支間長は40mで、橋軸方向の要素分割は20等分とした。各断面において鋼とコンクリートの接合面をダブル節点とし、3方向のばね要素を挿入して連結する。スタッド間隔をパラメータとし、スタッド間隔10cm、100cm、200cm、完全合成の4パターン解析を行った。スタッド間隔10cmの場合がウレタン付き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。ここで、道示の規定によれば、床版厚の3倍である93cmとなるが解析の便を考え100cmとした。スタッド間隔200cmは非合成桁にウレタン付きスタッドが

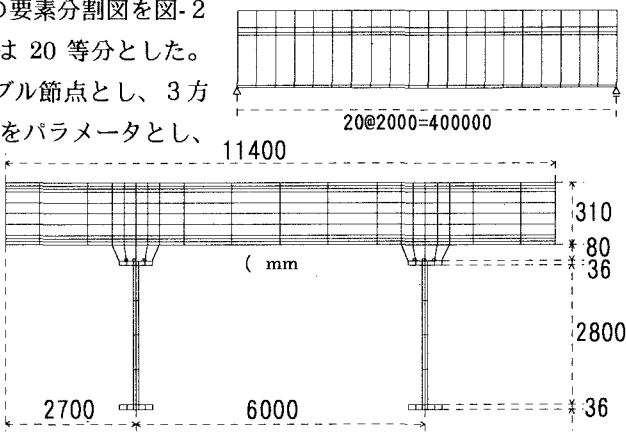


図-2 合成桁の要素分割図

Hirokazu HIRAGI, Nobuhiro OGA, Kazuyosi MUTO, Sigeyuki MATSUI

用いられた場合を想定したものである。また、ウレタン付きスタッド一本あたりの水平方向 2 方向ずれ定数を 1133kN/cm として、1つのばね要素が分担するずれ定数に換算した。

4. 解析結果および考察 床版内の自由乾燥収縮ひずみ分布を図-3 に示す。この図から、材齢初期のひずみは、床版表面で急速に進行し、版厚中央付近では、ほとんど生じないことが分かる。図-3 のひずみを使い合成桁断面の乾燥収縮拘束応力を解析した。スタッド間隔 10cm の解析結果について、主桁直上の床版厚さ方向に変化する橋軸方向応力分布を図-4 に示す。床版上面から下面に向かって応力が増加している様子が分かる。

図-5 に、幅員方向に見たスタッド間隔の違いによる桁端部の橋軸方向応力分布の違いを示す。なお、同図には完全合成の結果も併記している。主桁位置に応力が集中していることが分かる。

図-6 に、床版下面のスタッド間隔を変化させた場合の橋軸方向の橋軸方向応力分布を示す。床版張出端部と床版スパン中央とは同様な傾向を示し、桁端に近づくほど応力は小さくなっている。しかしながら、主桁直上は異なる傾向を示した。ここで完全合成とスタッド間隔 10cm の解析結果は桁端において応力が増加しているものの、スタッドピッチ 100cm と 200cm では桁端へ近づくると逆に応力が減少する傾向を示す。

図-7 は桁端と桁中央における床版引張応力とずれ定数(ばね定数)の関係を示したものである。桁中央では、ばね定数が $2 \times 10^6 \text{N/cm}$ 以上になると発生応力は約 150N/cm^2 で一定値となっている。しかしながら、同じく桁端ではなおも増加し続けている。参考までに、スタッド間隔 100cm の場合は、ばね定数は約 $2.3 \times 10^6 \text{N/cm}$ に相当しているである。

本解析結果から、ウレタン付きスタッドを用いた場合の合成 2 主鉄桁橋の乾燥収縮による発生応力が解明することができた。ウレタン付きスタッドの使用は、桁端でのひび割れ発生を減少させるものと考えられる。

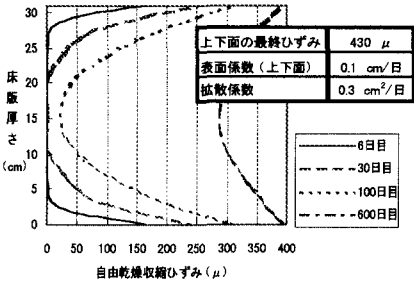


図-3 自由乾燥収縮ひずみの経時変化

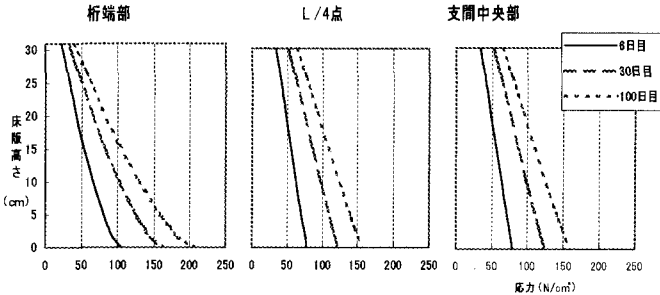


図-4 床版厚さ方向に見た橋軸方向応力分布 (スタッドピッチ 10cm)

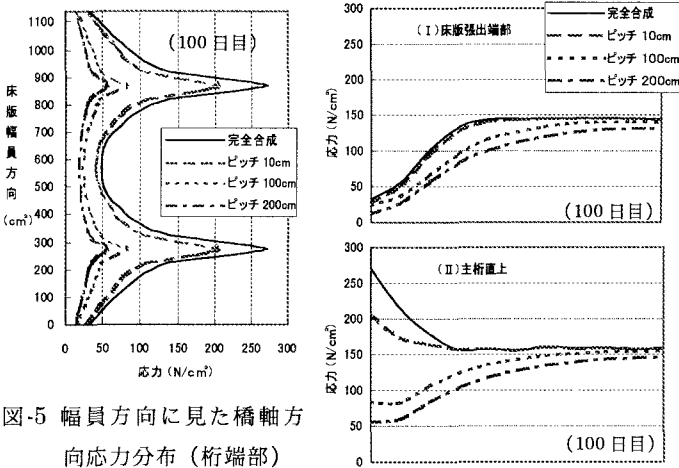


図-5 幅員方向に見た橋軸方向応力分布 (桁端部)

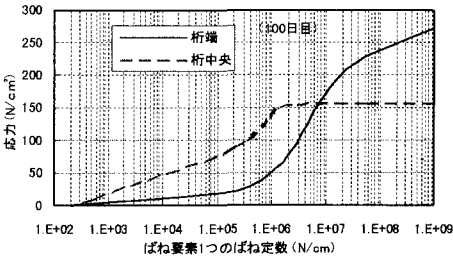


図-7 床版引張応力とずれ定数 (ばね定数) の関係 (主桁直上)

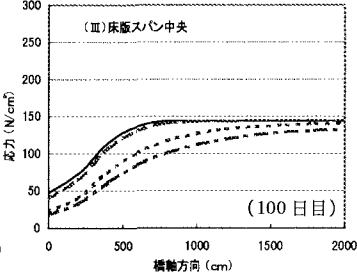


図-6 橋軸方向に見た床版下面の橋軸方向応力分布