

摂南大学工学部 正会員 平城 弘一 摂南大学工学部 高岡 栄二
酒井鉄工所 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 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、より柔な非合成挙動を呈する「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、ずれ止めとしてウレタン付きスタッドが用いられたならば、乾燥収縮によって生じるコンクリートの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 解析で横桁拘束、桁端拘束などをパラメータとおき、RC 床版の2方向（橋軸方向・橋軸直角方向）の乾燥収縮による発生応力について解析した。2方向の乾燥収縮ひずみに基づいた解析であるため、横桁・垂直補剛材などの橋軸直角方向の拘束要因が及ぼす発生応力への影響について説明することができる。

2. 解析方法 自由収縮ひずみの基礎方程式は次式となる。

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

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。床版内の自由乾燥収縮ひずみ分布を図-1に示す。

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 $\text{cm}^2/\text{日}$
拡散係数 k	0.3 $\text{cm}^2/\text{日}$

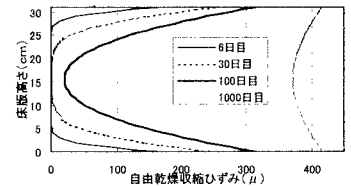


図-1 自由乾燥収縮ひずみの経時変化

差分法から求め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-2のように要素分割された床版の各節点に図-1の乾燥収縮ひずみ値を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、若材齢の床版のヤング係数が変化することを考慮に入れ、累積して求めた。

3. 解析モデルおよびパラメータ 解析対象とした合成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。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。なお、スタッド間隔200cmは非合成桁にウレタン付きスタッドが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、垂直方向ずれ定数を無限大として解析している。

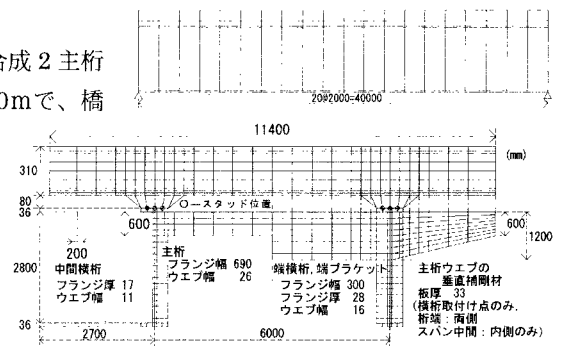


図-2 合成桁の要素分割

4. 解析結果および考察 まず、完全合成理論に従い横桁取付け位置、横桁間隔および垂直補剛材と橋軸直角方向発生応力の関係について検討を行った。解析の便を考え端横桁の寸法は中間横桁と同じとしている。また、主桁ウェブの垂直補剛材の取付けも行っていない。図-3 に横桁間隔を 20mとした場合の横桁取付け位置と橋軸直角方向発生応力の関係を示す。縦軸が横桁取付け位置を示しており、主桁ウェブ上端から横桁中心位置までの距離で表している。横桁を主桁ウェブ高の約 1/4 (700mm) より下方に取付けると、横桁による乾燥収縮への拘束がほとんどなくなることがわかる。図-4 に横桁を上端に取付けた場合の横桁間隔と橋軸直角方向発生応力の関係を示す。応力の最大値(桁端の発生応力)は、横桁間隔が 8m以上ではほとんど変化がないが、横桁間隔を 8m以下に縮めると発生応力が増加する傾向にある。図-5 は横桁の有無および主桁ウェブの垂直補剛材の有無が橋軸直角方向発生応力に及ぼす影響度を示している。ただし、横桁を上端に取付け、横桁および垂直補剛材の間隔は 10mとした解析結果である。桁端部では垂直補剛材を取付けると、発生応力が大きくなっているが、支間中央部においては横桁がない場合、垂直補剛材の有無によって発生応力に差異が見られない。垂直補剛材による影響は、横桁取付け点以外では、あまり大きくないと考えられる。

次いで、不完全合成理論で解析した結果を示す。図-6 および図-7 に、スタッド間隔を変化させた場合の橋軸直角方向発生応力を示す。解析モデルは、横桁を 10m間隔で

主桁ウェブ上端に取付けている。図-6 は、桁端で主桁間の端横桁のみを取付けたモデルの結果であり、図-7 は、桁端において端横桁、端ブラケットと床版とを一体化したモデルの結果である。図-7 の張出部および主桁間では、一体化により床版が完全に拘束されているため、発生応力はほぼ等価で、ウレタン付きスタッド間隔に影響しないことがわかった。しかしながら、主桁直上ではスタッド間隔を大きくすると応力が軽減している。図-8 は、ウレタン付きスタッド間隔を変化させた場合の橋軸方向発生応力である。ただし、紙面の都合で図-6 のモデルで解析した結果のみを示す。図-6~8 で明らかなように、いずれの場合においてもスタッド間隔を大きくすることにより主桁直上の発生応力が低下していることがわかる。このことより、ウレタン付きスタッドの使用は、橋軸方向および橋軸直角方向のひびわれ発生を減少させられるものと考えられる。

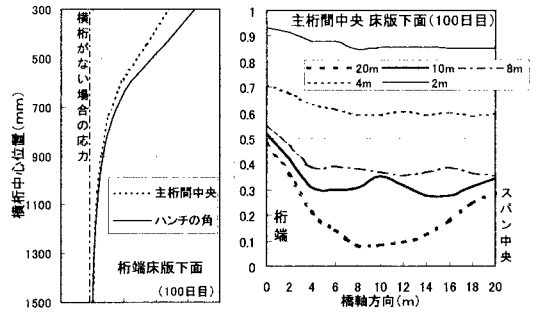


図-3 横桁取付け位置と橋軸直角方向発生応力の関係 (横桁間隔 20m)

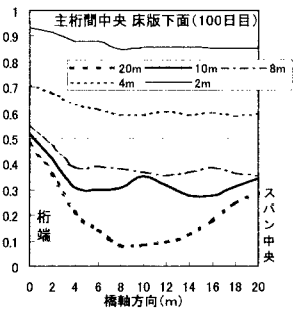


図-4 横桁間隔と橋軸直角方向発生応力の関係 (横桁を上端に取付け)

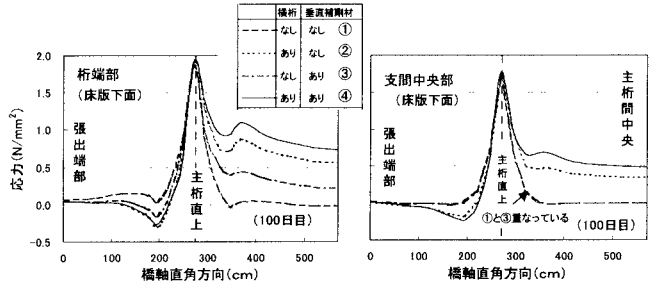


図-5 主桁ウェブの垂直補剛材が橋軸直角方向発生応力へ及ぼす影響

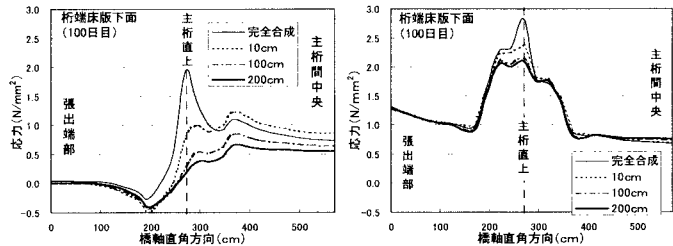


図-6 橋軸直角方向発生応力

図-7 橋軸直角方向発生応力(端横桁、端ブラケットと床版を一体化した場合)

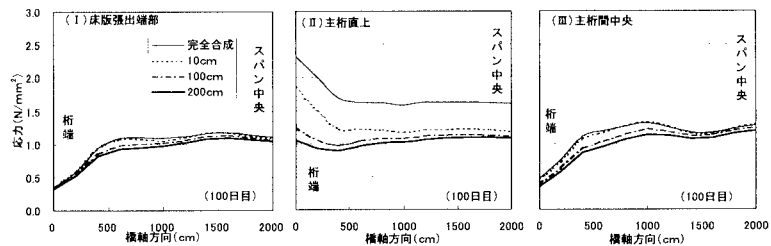


図-8 橋軸方向発生応力(床版下面)