

立命館大学正員 児島孝之
阪神高速道路公団正員 河合章好
立命館大学〇学生員 前岡隆顕

1. はじめに

鋼合成桁における鉄筋コンクリート床版の初期欠陥の主原因の一つとしてコンクリートの乾燥収縮の影響が挙げられる。本研究では小型合成桁模型による実験により乾燥収縮による桁の変形、床版および鋼桁のひずみ等を測定した。一方この実験と同時に実施した乾燥収縮のデータを用いて、桁の変形・応力を時間に対する段階的積分法を用いたマトリックス変位法により解析し、実験結果と比較した。

2. 合成桁模型実験

実験に用いた合成桁は全長300cmでその詳細を図-1および図-2に示す。床版内の橋軸方向の影響を考慮するために、桁1は無筋、桁2、桁3は各々D13、D16を4本ずつ図-2のように配置した。床版側面には乾燥防止のため防水シートを貼付した。たわみ、鋼桁のひずみは中央および中央より50cmの断面で、床版下面のひずみは中央断面で測定した。コンクリートの示方配合を表-1に示す。実験は20℃、湿度60%の室内で行ない、コンクリートの打設後1週間ビニールシートで養生した後乾燥を開始した。乾燥収縮ひずみの測定は、体積と乾燥可能表面積の比を床版と同一にした12×30×40cmの供試体を用いて同じ条件で行なった。実験結果としてスパン中央のたわみ、桁3の床版と鋼桁のひずみを各々図-4、5に示す。また乾燥収縮ひずみを図-7に示す。

3. 理論解析

本解析においては以下の仮定を設けた。(1)コンクリートのヤング係数は一定(材令28日の値を用いた)とする。(表-1の E_{c7} と E_{c28} にはあまり差がない。)(2)コンクリートのクリープの時間的進行についてはRüschの提案式¹⁾を用いる。すなわち、ある時間間隔 Δt_i ($\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$)に応力 σ_i が持続応荷されたときの時間 t_n におけるクリープ係数 $\phi_{n,i}$ は次式で求められる。

$$\phi_{n,i} = \phi_{v0} \{ K_v \cdot (t_n - t_{i-1}) \cdot [1 - K_v \cdot (t_n - t_i)] \} + \phi_{f0} (K_f \cdot t_i - K_f \cdot t_{i-1})$$

ここに K_v, K_f は時間、材令によって変化する係数であり、 $\phi_{v0} = 0.4$ 、基本流動係数 $\phi_{f0} = 5.0$ の値を用いた。

構造解析法においては、図-1に示すように合成桁半分をスパン方向に10等分にセグメント分割(図-1)し、各セグメントは節点のみで連結されており、床版と鋼桁は図-3のようにボンドリンクで連結されているものとした。床版と鋼桁との間にずれがないときにはボンドリンクのばね定数は床版のハンチ部のせん断変形を考慮して定めればよいが、本研究ではハンチは設けておらず実質上ずれが生じない程度の大きな値($K_b = 4 \times 10^8 \text{ kg/cm}$)とした。床版・鋼桁セグメントには工学はり理論が適用できるものとした。構造解析法としてはマトリックス変位法を用い、時間に対しては段階的積分法を用い、各時間間隔内では数回の繰返し計算を行なった。乾燥収縮

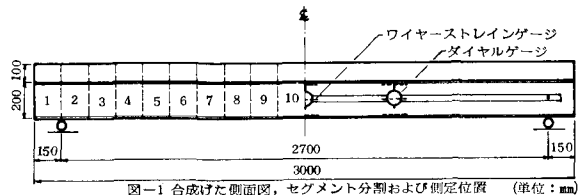


図-1 合成けた側面図、セグメント分割および測定位置 (単位:mm)

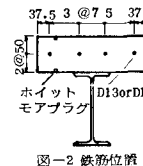


図-2 鉄筋位置

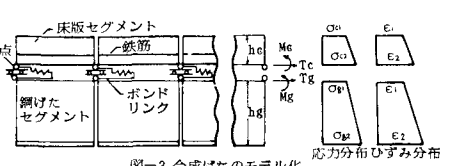


図-3 合成けたのモデル化

表-1 示方配合

骨材最大寸法 (mm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/ m ³)					圧縮強度		弾性係数	
			W	C	海砂	砕砂	G	7日 (kg/cm ²)	28日 (kg/cm ²)	7日 (10 ⁴ kg/cm ²)	28日 (10 ⁴ kg/cm ²)
20	51.2	42	174	340	513	220	1066	293	391	27.7	29.8

が材令1日より始まるものとし、時間間隔は材令7日まで1日、材令7～31日は3日、以後は7日とした。解析結果としてスパン中央のたわみ、床版および鋼桁のひずみ(桁ろのみ)、床版に生じる最大引張応力の値を図-4, 5, 6に示す。

4. 考察

スパン中央のたわみの測定結果は図-4に示すように桁1で最も大きく、桁2、桁3の順に小さくなっている。橋軸方向鉄筋比は桁1, 2, 3で各々 $P = 0, 1.7, 2.6\%$ であり、この程度の鉄筋比が桁の収縮変形をかなり拘束することが認められる。

桁実験と同時に実施した乾燥収縮ひずみは図-7に示すようにかなり大きく、90日で約 600×10^{-6} となっている。これは今回実験に使用した細骨材は海砂・砕砂の混合砂であることも一原因であると考えられ、Rüsch¹⁾による推定値は約 200×10^{-6} であり約3倍となっている。

理論解析で用いる基本変動係数 ϕ_0 の値は実験によって定めることが困難であるため、種々の値について検討し、実験によって測定された合成桁のたわみ、ひずみに最も近い値を与える $\phi_0 = 5$ を採用した。Rüsch¹⁾によれば今回の実験条件に対しては ϕ_0 の値としては2.4程度となり大きく異なった。しかしながら本理論値は、図-4に示すように床版内の鉄筋による収縮変形の拘束をかなり精度よく表わしているものと考えられる。

図-5は桁ろの床版および鋼桁のひずみを示しているが、床版下面の測定値にばらつきがあるが、解析値と測定値は良く一致している。

図-6は床版下縁に生じる引張応力の解析結果であるが、この引張応力は材令80～90日頃に最大値となり、この時の値は桁1, 2, 3で各々23.2, 26.9, 28.3 kg/cm^2 とかなり大きい応力が発生する。この応力は、鉄筋比が1%に対して約8%程度大きい値となっている。実験においては材令111日で桁2に、また材令118日および125日で桁ろにひびわれが発生しており、本解析結果はほぼ妥当な値を与えているものと推定される。

5. おわりに

本研究は合成桁床版のコンクリートの乾燥収縮による変形を実験および理論の両面から検討したが、本解析法はコンクリートの収縮・クリープに対する適切なデータを用いれば、床版に生じる引張応力すなわちひびわれ発生の可能性を推定し得るものと考えられる。

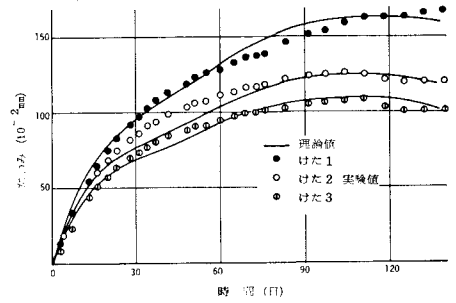


図-4 桁1, 2, 3のたわみ

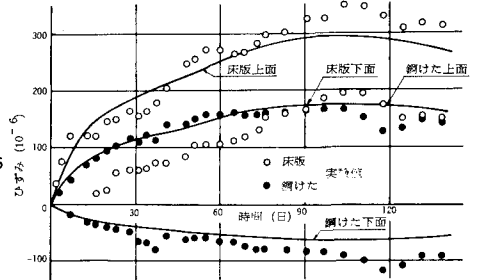


図-5 桁ろにおける床版と鋼桁のひずみ

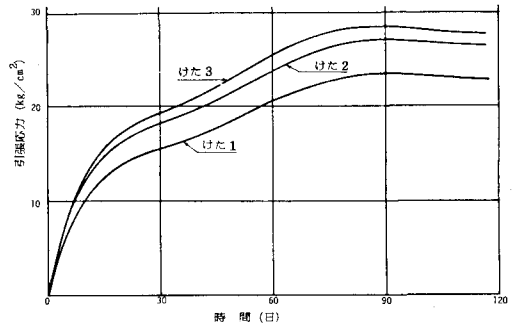


図-6 床版下縁における引張応力

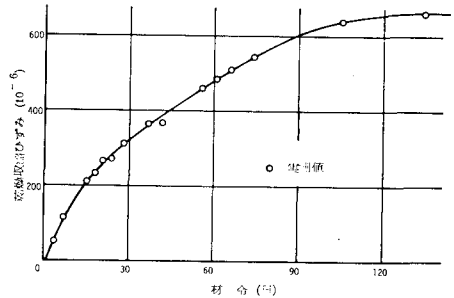


図-7 乾燥収縮ひずみ