

鋼材の拘束作用を考慮したプレビーム合成桁の乾燥収縮に関する検討

川田工業株式会社 正会員 ○藤林 博明 野呂 直樹
 川田テクノシステム株式会社 正会員 小川 利之 清水 良平
 大阪工業大学 フェロー 栗田 章光

1. はじめに

プレビーム合成桁（以下、プレビーム）は、鋼桁、下フランジコンクリートおよび床版コンクリートを合成させた合成構造である。その下フランジコンクリートは、鋼桁下フランジを被覆する形状となっており、コンクリート断面に対する鋼材比率が一般のRC構造に比べ非常に大きく、乾燥収縮に伴うひび割れが生じ易い構造である。そこで、本文では、鉄筋および鋼板の鋼材比率がコンクリートの収縮に与える影響を予測し、下フランジコンクリート単体の実物大試験体での計測結果と予測値の比較について報告する。

2. 下フランジコンクリートの鋼材比率と断面計算の仮定

プレビームの下フランジコンクリートの鋼材比率は5%～15%程度の範囲にあり、非常に鋼材比率が高い部材である。

断面計算における乾燥収縮・クリープの応力計算は下フランジコンクリートをRC部材にとらえ、鋼桁との合成断面として、道路橋示方書の合成桁の設計で規定されている乾燥収縮度 $\epsilon_{s(t)}=200\mu$ 、 $\phi_{s(t)}=4.0$ を用いて計算されている。

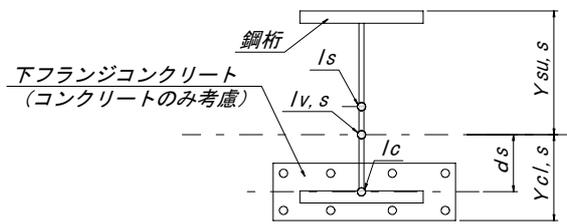


図-1 収縮応力算定時の図心

3. 拘束を考慮した収縮量の算出

鋼材の拘束を考慮した乾燥収縮ひずみは図-2の関係にあり、任意の時刻 t におけるコンクリートの自由乾燥収縮量を $\epsilon_{s(t)}$ とし、コンクリート、および鋼材に作用する軸方向力をそれぞれ $N_c(t)$ 、および $N_r(t)$ とする。ひずみの適合条件式、および力のつり合い式から、式(1),(2)が成立する。

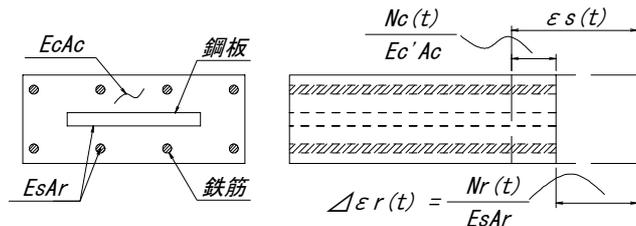


図-2 下フランジコンクリートの乾燥収縮ひずみ

$$\Delta \epsilon_{s(t)} = \epsilon_{s(t)} - \frac{N_{c(t)}}{E'_c \cdot A_c} = \frac{N_{r(t)}}{E_s \cdot A_r} = \Delta \epsilon_{r(t)} \quad \dots\dots(1)$$

$$N_{c(t)} = N_{r(t)} \quad \dots\dots(2)$$

ここに、

$\epsilon_{s(t)}$: コンクリートの自由乾燥収縮量
 E_s, E_c : 鋼材・コンクリートのヤング係数
 E'_c : クリープによる応力緩和を考慮したコンクリートのヤング係数

$$E'_c = \frac{E_c}{1 + \frac{1}{2} \phi_{s(t)}}$$

A_c : コンクリートの断面積
 A_r : 鋼材の断面積 (鋼板+鉄筋)
 p : 鋼材比 $p = A_r / A_c$

式(1),(2)より鋼材による拘束を考慮したひずみは、

$$\Delta \epsilon_{r(t)} = \frac{\epsilon_{s(t)}}{1 + \frac{E_s}{E_c} (1 + \frac{1}{2} \phi_{s(t)}) \cdot p} \quad \dots\dots(3)$$

となり、各鋼材比でのひずみの状況を図-3に示す。

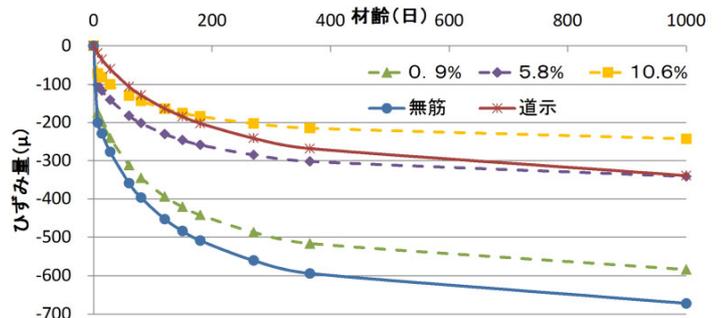


図-3 乾燥収縮ひずみの比較

キーワード プレビーム, 合成桁, 鋼材の拘束作用, 乾燥収縮, クリープ, ひび割れ

連絡先 〒550-0014 大阪府大阪市西区北堀江 1-22-19 川田工業株式会社 大阪支社 鋼構造事業部 技術部

4. 乾燥収縮の計測試験

プレビームの下フランジコンクリートの内部鋼材は鉄筋と鋼板の組み合わせとなっている。このような拘束条件と高い鋼材比率を有するコンクリートの収縮ひずみを測定し、既往の乾燥収縮・クリープ予測式の適用性の確認を行う。また、膨張コンクリートによる収縮量の改善効果についても確認することとした。そこで、下記を着目点とした下フランジコンクリート実物大の試験体を製作し、1年間の収縮ひずみを計測する。

A：鋼材比率の違いによる収縮差の確認：(試験体：①0.0%，②0.9%，③④5.8%，⑤10.6%の比較)

B：同じ鋼材比率での鋼材種別による収縮差の確認：(試験体：③RC-④SRCの比較)

C：膨張コンクリート使用時の収縮差の確認：(試験体：①N-①EX，②N-②EX，⑤N-⑤EXの比較)

表-1 試験体概要

番号	鋼材タイプ	鋼材比率	鋼板	鉄筋	鋼板	鉄筋比	鋼板比	番号	鋼材タイプ
①N	1-無筋	0	無	無	-	0	0	①EX	1-無筋
②N	2-RC-1	0.9%	無	D16x8	-	0.92%	0	②EX	2-RC-1
③N	3-RC-6	5.8%	無	D32x12	-	5.76%	0	-	-
④N	4-SRC-6		有	D16x8	420x19	0.96%	4.82%	-	-
⑤N	5-SRC-11	10.6%	有	D16x8	420x36	1.00%	9.55%	⑤EX	5-SRC-11
A:鋼材比			B:鋼材タイプ				C:膨張コンクリート		

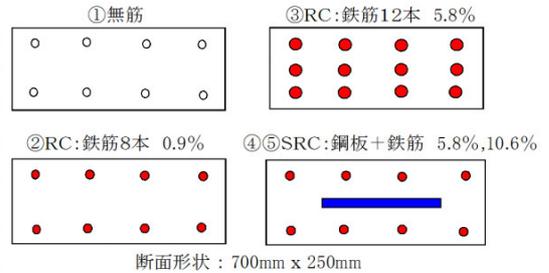


図-4 試験体断面

5. 計測結果の考察

試験開始後 90 日におけるコンクリートのひずみ計測結果と予測値の比較を図-5 に示す。予測値はコンクリート標準示方書の収縮量 $\epsilon_s(t)$ の予測式の値を用いたひずみ量を示す。測定値は予測値と概ね一致している。

TP の割裂強度の平均値が 4.4 N/mm^2 であり、ひび割れ発生応力をこの 60% 程度の 2.6 N/mm^2 とすると、鋼材拘束によるコンクリートの引張応力の予測値は、10.6% が材令 48 日、5.8% が材令 100 日でこの値を超え、ひび割れの発生が予測される。試験体⑤N の計測値は、この材令付近でひずみの伸びが低下しており、ひび割れによりひずみが解放された影響が確認できる。また、ひび割れ発生状況として試験体⑤N は、1ヶ月程度で表面全体に微細なひび割れ (0.05mm 以下) が確認されている。膨張コンクリートの試験体⑤EX には、ひび割れが確認されていない状況である。今後は、断面方向のひび割れ幅を κ ゲージにて計測し、ひずみ量とひび割れ幅の関係を確認するとともに、試験終了後、断面を切断してひび割れ深さを確認する予定である。

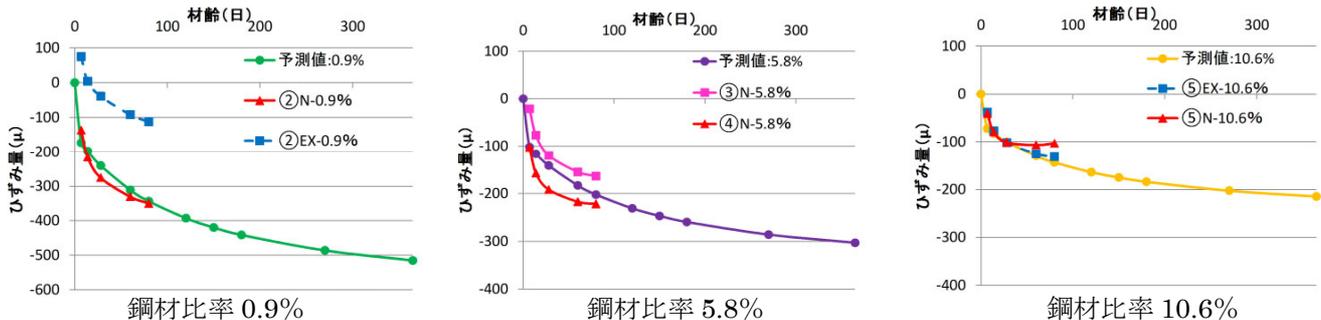


図-5 乾燥収縮ひずみ計測結果(90日現在)

6. おわりに

本報告は 90 日における計測結果の報告であるが、今後プレビーム下フランジにおける鋼材拘束によるコンクリートの引張応力の影響を評価し、断面計算における計算仮定の評価を行う予定である。また、クリープに伴う収縮についても同様の試験を行い鋼材比比率の高いプレビームの収縮性状の確認を行う予定である。

参考文献

- 1) 土木開発技術研究センター：プレビーム合成げた橋設計施工指針第 3 版, H9.7
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書 (I 共通編, II 鋼橋編), H24.3
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書 (設計編), 2012
- 4) 土木学会：鋼・コンクリート複合構造の理論と設計 (1) 基礎編：理論編, H11.4