

鋼繊維補強コンクリートを用いた合成床版のひび割れ挙動

鉄道総研 正 員 ○西田寿生 鉄道総研 正 員 江口 聡 鉄道総研 正 員 谷口 望
JR西日本コンサルタンツ 正 員 矢島秀治 早稲田大 正 員 依田照彦

1. まえがき

近年，合成桁のひび割れ制御手法について，テンションスティフニングを考慮したひび割れ計算手法¹⁾が，注目されている．また，負曲げを受ける合成床版のコンクリートには，ひび割れ対策として鋼繊維を混入させた鋼繊維補強コンクリートが用いられることがある．しかしながら，テンションスティフニング効果に与える鋼繊維補強の影響を定量的に示した例は少ない．そこで，鋼繊維補強コンクリートを用いた合成床版の軸引張試験結果と通常のコンクリートを用いた合成床版の軸引張試験結果とを比較し，鋼繊維の効果を定量的に示す方法を提案する．

2. 実験概要²⁾

軸引張実験に用いるモデルは，図1に示すようなSRC床版と鋼下弦材よりなる合成床版である．この床版は，下路トラス合成桁の床版部分のみを取り出したモデルであり，実験では下弦材に引張荷重を作用させている．なお，下弦材とSRC床版の接合部は，スタッドによって接合されており，計算では，SRC床版内の横桁のない部分を計算対象とした．また，供試体Aは床版に通常のコンクリートを使用したもの，供試体Bは床版コンクリートに鋼繊維を1%混入させ，さらに乾燥収縮防止分の膨張剤を付加したものとした．

3. 計算手法^{3), 4)}

計算では，分担断面力法により下弦材とRC床版を分割し，RC床版部分にテンションスティフニングを考慮した手法を適用する．床版の鉄筋・下弦材の軸力—ひずみ関係は，図3，図4の様にモデル化される．ここに， P_{st} は，定常ひび割れ(stabilized crack)開始時の軸力である．図3における各軸力，ひずみは以下の式により求める．

$$P_{cr} = \frac{f_{ts}}{E_c} (E_c A_c + E_s A_s + E_{sg} A_{sg} + E_{sf} A_{sf}) \quad (1)$$

$$P_{st} = P_{cst} + \epsilon_{sm,st} \cdot E_{sg} A_{sg} \quad (2)$$

$$P_{cst} = \frac{f_{ts}}{E_c} (E_c A_c + E_s A_s + E_{sf} A_{sf}) \quad (3)$$

$$P_{cst} = \frac{f_{ts}}{E_c} (E_c A_c + E_s A_s + E_{sf} A_{sf}) \quad (4)$$

$$\epsilon_{scr} = \frac{f_{ts}}{E_c}, \quad \epsilon_{s2,st} = \frac{P_{cst}}{E_s A_s} \quad (5), (6)$$

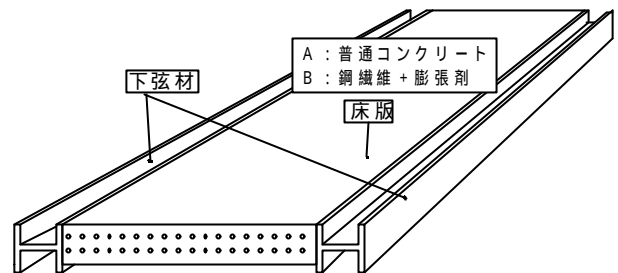


図1．解析・実験モデル(下路トラス合成桁の床版部)



図2．ひずみゲージ取付位置概要

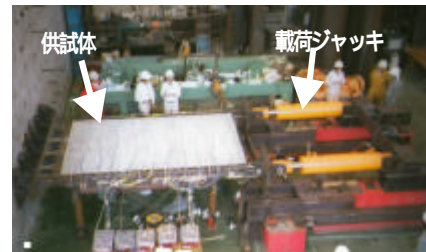


写真1．載荷実験の様子²⁾

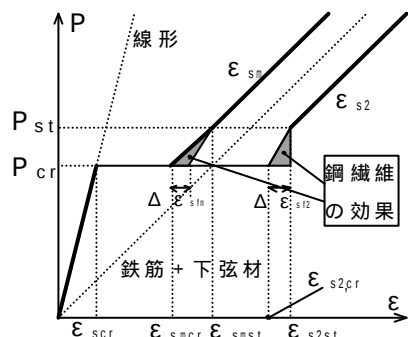


図3．床版鉄筋の軸力—ひずみモデル

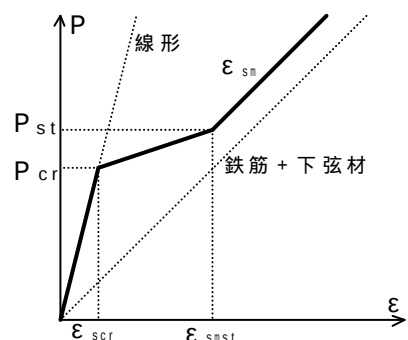


図4．下弦材の軸力—ひずみモデル

キーワード：合成床版、鋼繊維補強，テンションスティフニング

連絡先：（財）鉄道総合技術研究所 鋼・複合構造(〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38, TEL 042-573-7280)

$$\varepsilon_{sm,cr} = \varepsilon_{s2,cr} - \beta \frac{f_{ts}}{E_s(\rho_s + \rho_{sf})} \quad (7)$$

$$\varepsilon_{sm,st} = \varepsilon_{s2,st} - \beta_m \frac{f_{ts}}{E_s \rho_s} \quad (8)$$

$$\varepsilon_{s2,cr} = \frac{P_{cst}}{E_s A_s + E_{sf} A_{sf}} \quad (9)$$

ここに、 E_s, A_s ：鉄筋のヤング係数，総断面積，
 E_c, A_c ：コンクリートのヤング係数，断面積，
 E_{sg}, A_{sg} ：下弦材のヤング係数，断面積，
 E_{sf}, A_{sf} ：鋼繊維のヤング係数，断面積，
 f_{ts} ：鋼繊維コンクリートの引張強度（ σ ），
 ρ_s, ρ_{sf} ：鉄筋比，鋼繊維総断面積とコンクリート断面積との比（ $=A_{sf}/A_c$ ），
 β, β_m ：係数（ $\beta=0.6, \beta_m=0.4$ ）¹⁾，
 P_{ccr} ：Pcr時のRC床版の分担力，
 P_{cst} ：Pst時のRC床版の分担力。

本計算手法では，鋼繊維補強は，線形時および初期ひび割れ時に効果があると仮定する。定常ひび割れ時に達すると，鋼繊維補強の効果はなくなると考える。線形時および初期ひび割れ時において，鋼繊維は鉄筋に置き換えて考慮する。上式において， $A_{sf} = 0$ とすれば，普通コンクリートを用いた場合の式となる。また，図3中の鋼繊維の効果を示す $\Delta \varepsilon_{sf2}, \Delta \varepsilon_{sfm}$ は，以下のように表現できる。

$$\Delta \varepsilon_{sf2} = \varepsilon_{s2,st} \cdot \alpha_{sf} \quad (10)$$

$$\Delta \varepsilon_{sfm} = \left(\frac{P_{cst}}{E_s A_s} - \beta \frac{f_{ts}}{E_s \rho_s} \right) \cdot \alpha_{sf} \quad (11)$$

ここに， $\alpha_{sf} = \left(\frac{A_{sf}}{A_s + A_{sf}} \right)$ ， α_{sf} ：鋼繊維・鉄筋比。

本供試体における α_{sf} は， $\alpha_{sf} = 0.38$ である。

5. 荷重—ひずみ関係の比較

計算結果と実験結果との比較を図5～図7に示す。図5においては，弾性部分において乾燥収縮の影響を考慮し，150 μ を負側にシフトした³⁾。図5，図6を比較すると，実験結果においても計算仮定と同様に，ひび割れ発生直後のひずみのジャンプ量が異なることが分かる。つまり，鋼繊維補強を使用することで，ひび割れ発生直後のひび割れ幅急増の抑制効果があるものと判断できる。しかし，鋼繊維補強を行った場合も，定常ひび割れ時までには，普通コンクリートを用いた場合と同等なひずみ値となっており，鋼繊維補強の効果は減少していると考えられる。また，図7は，図6と同断面における下弦材のひずみであるが，実験結果は平均ひずみとほぼ一致しており，ひび割れ発生時のひずみの急増が見られない。よって，この時の下弦材には，コンクリートの応力が再配分されず，鉄筋とは異なる挙動といえる。

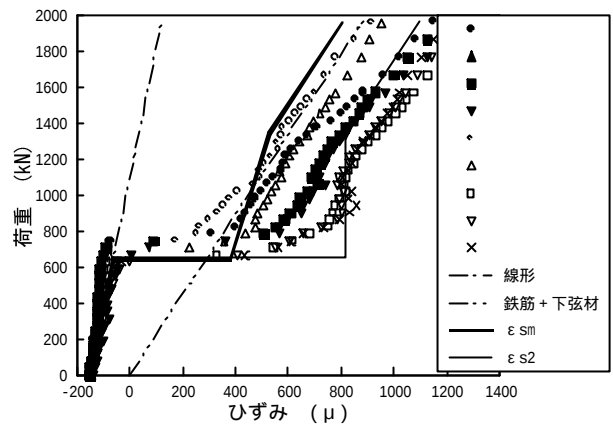


図5．鉄筋の荷重—ひずみ関係
（供試体A：普通コンクリート）

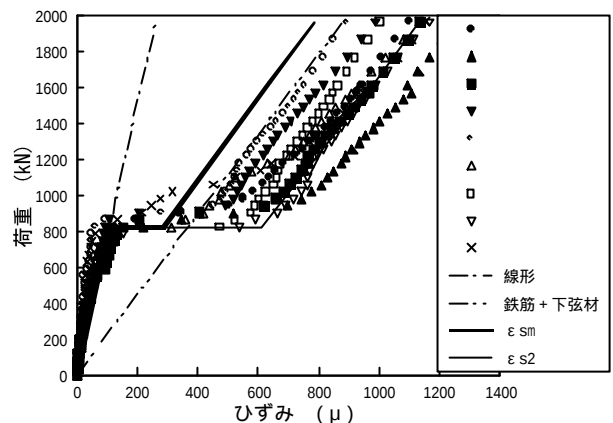


図6．鉄筋の荷重—ひずみ関係
（供試体B：鋼繊維補強コンクリート）

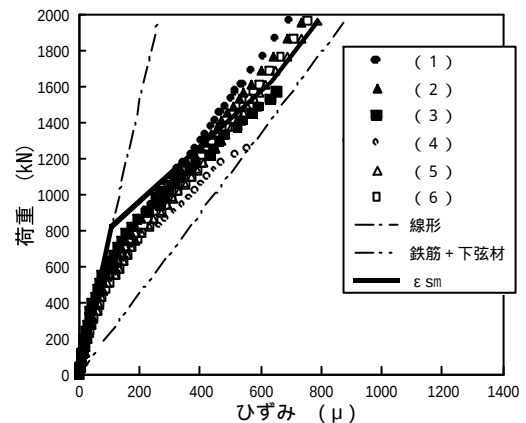


図7．下弦材の荷重—ひずみ関係
（供試体B：鋼繊維補強コンクリート）

参考文献

- 1) Hanswille, G.: Cracking of concrete mechanical models of the design rules in EUROCODE4, Conf. Report, Composite Construction in Steel and Concrete, ASCE, pp.420-433, 1997.
- 2) 西村康之，下野一行，紀伊昌幸，矢島秀治：奈良線鴨川橋梁の設計と施工—SRC床版の採用により低い床高と鋼重の低減を可能にした鉄道鋼トラス橋—，橋梁と基礎，2000-11，pp.9-18，2000．
- 3) 谷口望，依田照彦：負曲げを受ける合成桁のひび割れ挙動に関する研究，土木学会論文集 No.668/ -54，pp.243-257，2001．
- 4) 谷口望，西田寿生，村田清満，矢島秀治，依田照彦：鋼繊維補強合成床版の軸引張挙動に関する簡易解析，コンクリート工学論文集第13巻第3号，pp.81-83，2001．