

連続合成桁の中間支点部におけるひび割れ挙動に関する実験的研究

早稲田大学 学生員 ○神谷 崇 鉄道総合技術研究所 正会員 谷口 望
東京鐵骨橋梁 フェロー 入部 孝夫 東京鐵骨橋梁 正会員 碓山 晴久
早稲田大学 学生員 佐藤 健太郎 早稲田大学 フェロー 依田 照彦

1. はじめに

近年、連続合成桁の中間支点部の設計において、負曲げにより生じるコンクリート床版のひび割れ挙動を正確に把握し、合理的な設計を行うための努力がなされている。そこで、本研究では、コンクリートの種類や、コンクリート床版と鋼桁のずれ止めとなるジベル形式の異なる4種類の供試体を用いて、連続合成桁の中間支点部を模擬した載荷実験を行い、ひび割れ挙動について検討する。

2. 実験概要

供試体は図 2.1, 図 2.2 に示すようにスパン 4m, 床版幅 0.8m で、実橋における中間支点部を意識し、鋼桁の中央部を載荷点とした3点曲げの試験体である。表 2.1 に今回の研究で比較検討を行う4体の供試体についてまとめる。ジベル詳細を図 2.3, 図 2.4 に示す。また、鋼繊維と膨張材を使用したコンクリートでは長さ 30mm の鋼繊維を混入率 1% で使用し、膨張材はデンカ CSA100R を用いた。主鉄筋間隔は 150mm, 鉄筋比 ρ は 2%, コンクリートの呼び強度は 27N/mm^2 とした。

載荷方法は、荷重が 180kN, 380kN, 680kN, 1300kN に到達した時点で一旦 0kN まで除荷をし、その後鋼桁の上下フランジとウェブに降伏が確認されるまで載荷を行った。

表 2.1 供試体の種類

No.	供試体名称	ジベル形式	コンクリート
1	基本	頭付きスタッド	普通
2	PBL	PBL	普通
3	鋼繊維	頭付きスタッド	鋼繊維+膨張材
4	鋼繊維 PBL	PBL	鋼繊維+膨張材

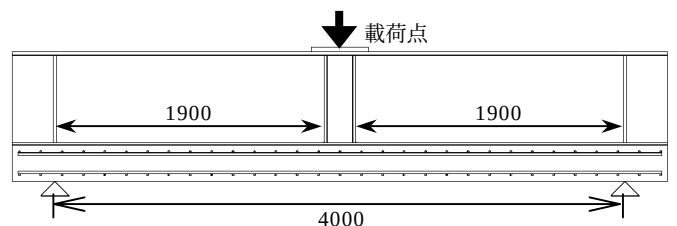


図 2.1 供試体図 (単位: mm)

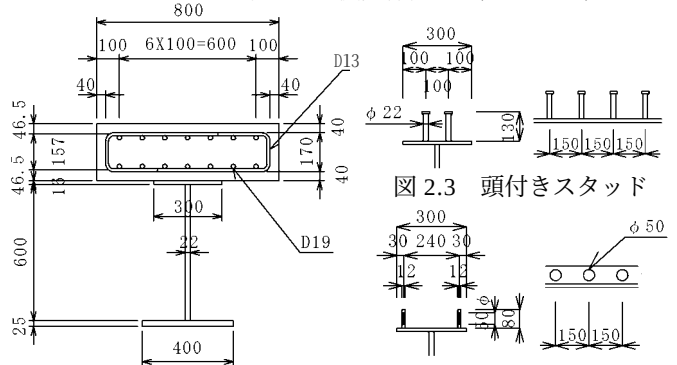


図 2.2 供試体断面

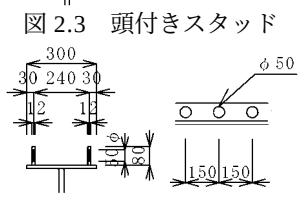


図 2.3 頭付きスタッド

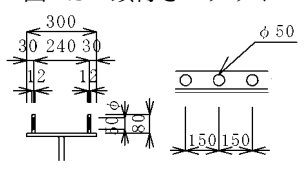


図 2.4 PBL

3. 荷重-変位曲線

初期の繰り返し載荷時の荷重-変位曲線を図 3.1 に、終局時までのものを図 3.2 に示す。図 3.1 より、除荷後に基本, PBL, 鋼繊維 PBL 供試体は正方向に、鋼繊維供試体は負方向に残留変位が生じている。乾燥収縮の影響が大きいほど除荷後に正方向にずれ、変位が残留すると考えられる。鋼繊維供試体は膨張材の効果により乾燥収縮の影響を受けにくかった。

図 3.2 より、終局時では、PBL を用いた供試体の方が終局耐荷力が若干大きくなった。

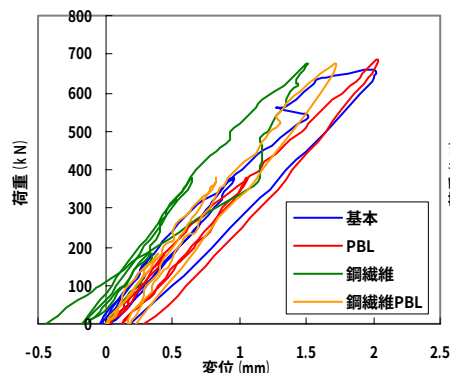


図 3.1 荷重-変位曲線(繰り返し載荷時)

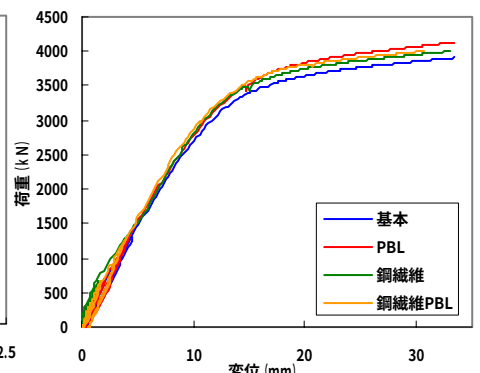


図 3.2 荷重-変位曲線(終局時)

4. 初期ひび割れ発生荷重

表 4.1 に各ひずみゲージで初期ひび割れが確認された荷重域と、目視によって発見された荷重値、手計算による理論値を示す。いずれの供試体でもコンクリート表面でのひび割れが一番早く確認されたため、厳密なひび割れ発生はコンクリート表面のゲージにより判断するのが妥当と思われる。また、鋼繊維膨張材コンクリートを使用した供試体の方が、初期ひび割れ発生荷重値が大きいこともわかる。なお、PBL 供試体のひび割れ発生荷重については、値が低すぎるためさらなる検討が必要である。

表 4.1 初期ひび割れ発生荷重値 (単位: kN)

供試体名称	鉄筋ゲージ	コンクリート表面ゲージ	目視確認	理論値
基本	200~220	160~180	220程度	278
PBL	100~120	80~100	140程度	
鋼繊維	240~260	180~200	290程度	
鋼繊維 PBL	260~280	240~260	300程度	

キーワード 連続合成桁, 負曲げ, テンションスティフニング, 鋼繊維, PBL

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部依田研究室 TEL03-5286-3399

5. 鉄筋の荷重-ひずみ曲線

図 5.1～図 5.4 に各供試体の鉄筋の荷重-ひずみ曲線の理論値と実験値の比較を示す。実験値は、初期ひび割れ発生が確認できた箇所での測定値である。 ϵ_{s2} は最大ひずみ、 ϵ_{sm} は平均ひずみを表し、鋼桁+鉄筋は ϵ_{sm} からコンクリートの応力負担分を差し引いたときの値である。理論値の計算条件は、(1) 分担断面力法により鋼桁と RC 床版を分割し、RC 床版部にテンションスティフニング効果を考慮した手法を適用する¹⁾。(2) 乾燥収縮は普通コンクリートの場合は 150μ 、膨張材入りの場合は 0μ とする。

普通コンクリートを使用した供試体では、ひび割れ発生時のひずみのジャンプが大きい。鋼繊維供試体では、ひび割れ発生時でも比較的滑らかな傾きを示し鋼繊維と膨張材の効果が確認されたが、鋼繊維 PBL 供試体では、鋼繊維と膨張材の期待した効果が得られず、今後さらなる検討が必要であると考えられる。いずれのグラフにおいても、弾性域と定常ひび割れ開始後の曲線の傾きは理論値に近い傾きとなっている。また、最大ひずみを大きく超える値は無かったので、理論で仮定した乾燥収縮の量も妥当であると考えられる。

6. 荷重-ひび割れ幅曲線

図 6.1～図 6.4 に各供試体のコンクリート床版表面での荷重-ひび割れ幅曲線の理論値と実験値の比較を示す。実験値は初期ひび割れが発生した箇所での測定値である。また、理論値は平面保持を仮定して床版上面でのひずみを算出し、これに最大ひび割れ間隔²⁾を乗じたものをひび割れ幅の理論値とした。

鋼繊維膨張材コンクリートを使用した供試体の方が、ひび割れ発生直後のひび割れ幅の開きが小さいことがわかる。同一荷重値におけるひび割れ幅においても、普通コンクリートを使用した供試体よりも小さく、鋼繊維と膨張材を使用したコンクリートのひび割れ幅抑制効果が確認できる。また、鋼繊維を使用したコンクリートでは、除荷後にひび割れ幅が残留しやすいと考えられていたが、今回の実験結果では、普通コンクリートとほぼ同じ残留ひび割れ幅となっている。いずれのグラフにおいても理論値の最大ひび割れ幅 ϵ_{s2} を大きく超えるものはなかったものの、本来漸近すべき平均ひび割れ幅 ϵ_{sm} よりも最大ひび割れ幅 ϵ_{s2} に漸近する傾向がみられた。傾きにおいては、定常ひび割れ発生前までは理論値に比較的に沿うが、その後荷重値が大きくなるに伴いきつくなる傾向にあることがわかった。

7. まとめ

- ・鋼繊維と膨張材を使用したコンクリートのひび割れ幅抑制の効果が確認できた。
- ・ジベル形式の違いによる鉄筋のひずみ、ひび割れ幅の差異は、今回の実験では確認できなかった。
- ・鉄筋のひずみの理論値については今回の実験結果とほぼ一致したが、ひび割れ幅の理論値については必ずしも一致せず、さらなる検討が必要であると思われる。

謝辞

本研究は国土交通省からの委託を受けて実施した「鉄道技術基準整備のための調査研究」の一環として行われたものである。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 長井正嗣, 奥井義昭, 岩崎英治: 連続合成桁の各種ひび割れ幅算定法とその相違に関する一考察, 土木学会論文集 No.710/I-60, pp.427-437, 2002.7
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書(構造性能照査編) pp.100-102, 2002.

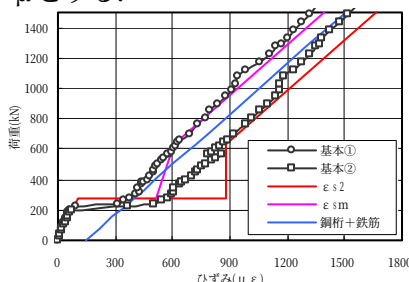


図 5.1 荷重-ひずみ曲線(基本)

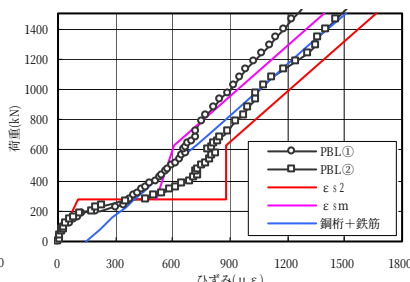


図 5.2 荷重-ひずみ曲線(PBL)

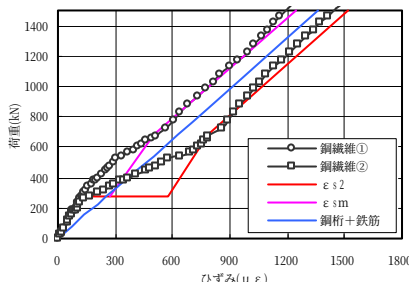


図 5.3 荷重-ひずみ曲線(鋼繊維)

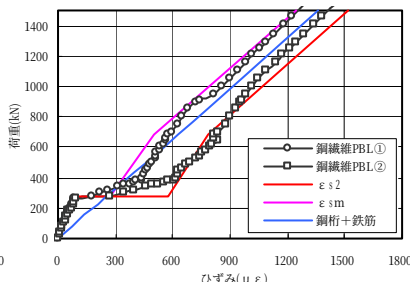


図 5.4 荷重-ひずみ曲線(鋼繊維 PBL)

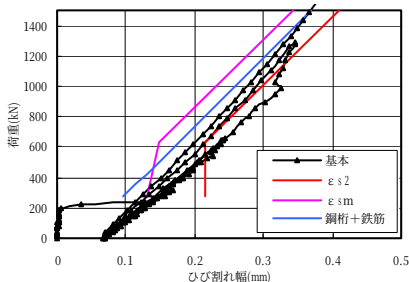


図 6.1 荷重-ひび割れ幅曲線(基本)

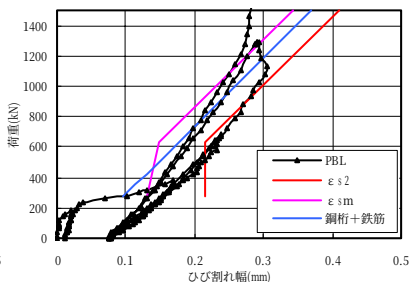


図 6.2 荷重-ひび割れ幅曲線(PBL)

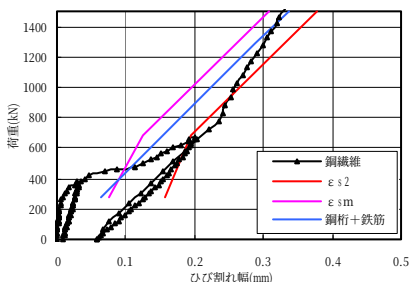


図 6.3 荷重-ひび割れ幅曲線(鋼繊維)

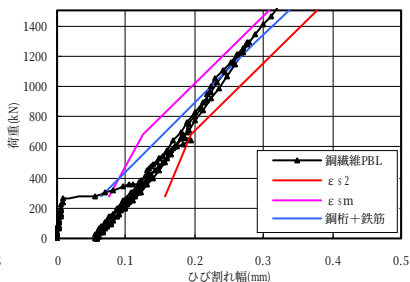


図 6.4 荷重-ひび割れ幅曲線(鋼繊維 PBL)