

連続合成桁の中間支点部における鋼繊維補強の疲労挙動に関する実験的検討

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 酒井 貴司 早稲田大学 フェロー 依田 照彦

1. はじめに

近年、連続合成桁を採用する事例が多く見られるようになってきたが、連続桁は中間支点部で負曲げが生じるため、コンクリートのひび割れに対する検討が不可欠である。そこで、ひび割れ分散性やひび割れ抑制の効果があるとされている鋼繊維補強コンクリートを用いた床版のひび割れ挙動を調べた。鋼繊維補強コンクリートについては、コンクリート要素試験による検討は多く行われているが、合成桁としての実験的検討はほとんど行われていない。本研究では、鋼繊維補強コンクリートを使用し、連続合成桁の中間支点部を模擬した疲労試験と終局載荷実験を行い、疲労荷重を受けた試験体の鋼繊維補強の効果について検討する。

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 3 体の供試体についてまとめる。コンクリート床版と鋼桁のずれ止めには PBL を用いる（図 2.3 参照）。鋼繊維コンクリートでは、長さ 30mm の鋼繊維を混入率 1% で使用した。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。

疲労試験方法

載荷荷重 600kN、200 万回の疲労試験を行った。繰り返し載荷回数 0 回、1 万回、5 万回、10 万回、50 万回、100 万回、200 万回の間に静的載荷を実施した。

終局載荷試験方法

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。

3. 疲労試験結果

鋼繊維疲労供試体の疲労試験時の鉄筋の荷重 - 変位曲線を図 3.1 に、荷重 - ひび割れ幅曲線を図 3.2 に示す。

初期ひび割れ発生後の鉄筋のひずみの傾き及びひび割れ幅の傾きにおいて、載荷回数が増加してもあまり変化していないことがわかる。また、鋼繊維補強コンクリートにおいて、除荷後にひび割れ幅が大きく残留する可能性があると考えられていたが、今回の初期ひび割れ発生後の繰り返し載

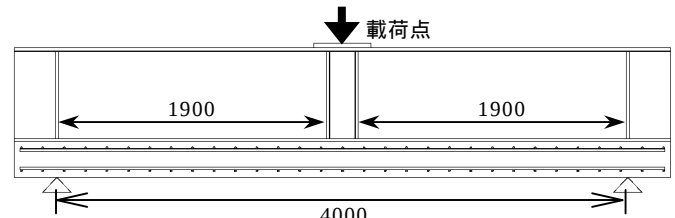


図 2.1 供試体図

(単位: mm)

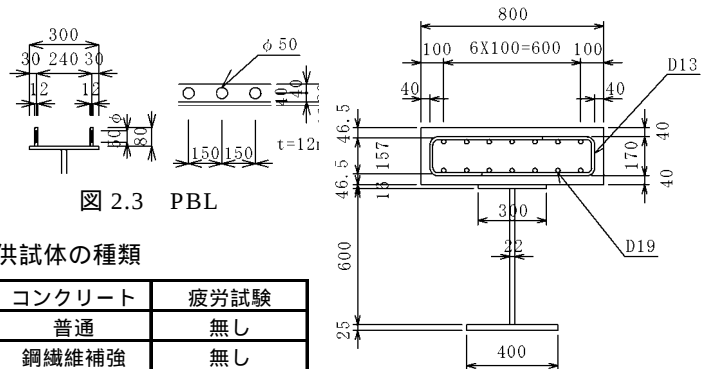


図 2.2 供試体断面

表 2.1 供試体の種類

No.	供試体名称	コンクリート	疲労試験
1	基本	普通	無し
2	鋼繊維	鋼繊維補強	無し
3	鋼繊維疲労	鋼繊維補強	有り

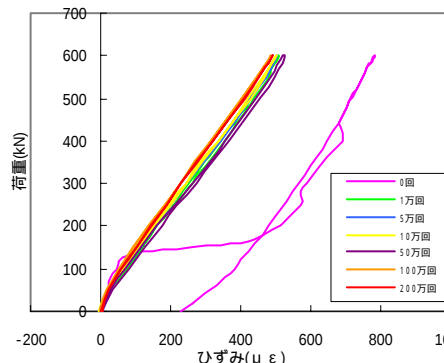


図 3.1 荷重-ひずみ曲線
(疲労試験時の静的載荷)

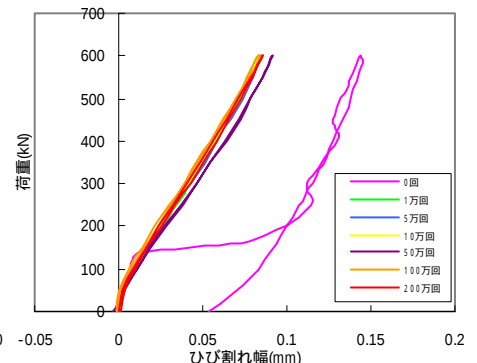


図 3.2 荷重-ひび割れ幅曲線
(疲労試験時の静的載荷)

キーワード 連続合成桁、負曲げ、鋼繊維、疲労

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 TEL 03-5286-3399

荷において、ひび割れ幅の残留の拡大は見られていないことがわかる。

4. 鉄筋の荷重-ひずみ曲線

図 4.1～図 4.3 に各供試体の鉄筋の荷重-ひずみ曲線の傾きの理論値と実験値の比較を示す。疲労試験を行っていない供試体の実験値は、初期ひび割れ発生が確認できた箇所での測定値である。傾きの理論値は鋼桁と鉄筋のみで引張応力を分担するとしたときの理論値の傾きを示す。

鋼繊維、鋼繊維疲労供試体の傾きの方が基本供試体の傾きよりもきつく出ていることがわかる。このことから、鋼繊維補強コンクリートの効果が確認できる。また、鋼繊維と鋼繊維疲労では傾きの差があまり見られなかったことから、鉄筋のひずみにおける鋼繊維補強コンクリートの効果は疲労後もまだ残っているものと考えられる。

5. 荷重-ひび割れ幅曲線

図 5.1～図 5.3 に各供試体のコンクリート床版表面での荷重-ひび割れ幅曲線の傾き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、傾きの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「傾き（理論値）217」では最大ひび割れ間隔²⁾を、「傾き（理論値）150」では主鉄筋間隔を乗じたものをそれぞれひび割れ幅の理論値とした。

基本供試体では、測定箇所によりひび割れ幅の傾きにばらつきがみられ、数箇所のゲージにおいてひび割れ幅の傾きが緩くなるのが確認された(図 5.1)。鋼繊維供試体、鋼繊維疲労供試体のひび割れ幅の傾きでは、基本供試体のように傾きが緩くなる箇所はなかったことから、鋼繊維補強コンクリートの効果が確認できるといえる。また、鋼繊維供試体と鋼繊維疲労供試体では傾きの差があまり見られなかったことから、ひび割れ幅における鋼繊維補強コンクリートの効果は疲労後もまだ残っているものと考えられる。

鋼繊維供試体では荷重値が上がるごとに、傾きが「傾き（理論値）215」から「傾き（理論値）150」へと変化していくことが確認された。鋼繊維疲労供試体では、「傾き（理論値）150」に添うような傾きを示していることが確認された。

6. まとめ

- ・ 鋼繊維補強コンクリートのひび割れ制御の効果が、疲労試験経験後も保たれていることが確認できた。
- ・ 初期ひび割れ発生後の繰り返し載荷において、除荷後の残留ひび割れ幅の拡大は見られなかった。
- ・ 荷重ひび割れ幅曲線の傾きは、繰り返し載荷を受ける（荷重値が大きくなる）と、新たに発生するひび割れの影響で、主鉄筋間隔より算出した理論値の傾きに近づく傾向にあることがわかった。

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/ -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.

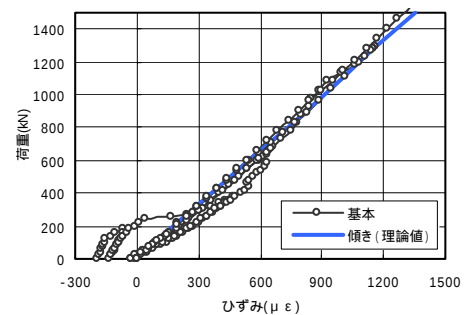


図 4.1 荷重-ひずみ曲線（基本）

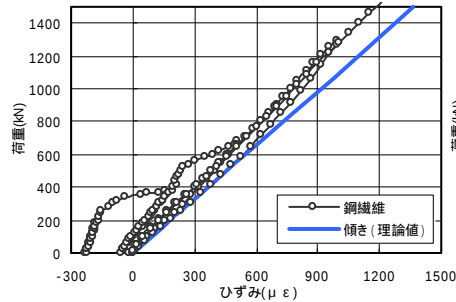


図 4.2 荷重-ひずみ曲線（鋼繊維）

（上図では除荷後のひび割れ幅が 0 となるように補正した。）

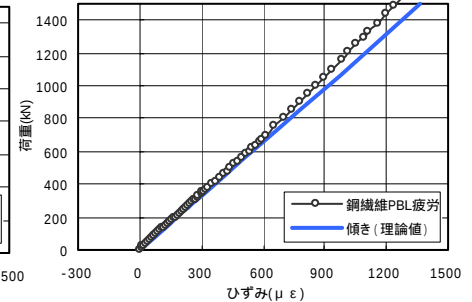


図 4.3 荷重-ひずみ曲線（鋼繊維疲労）

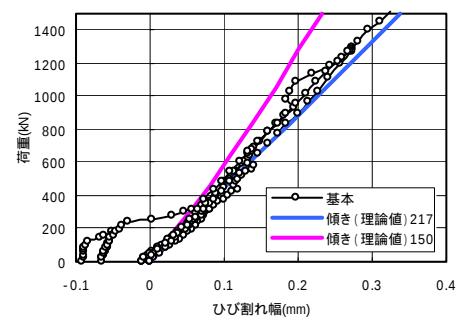


図 5.1 荷重-ひび割れ幅曲線（基本）

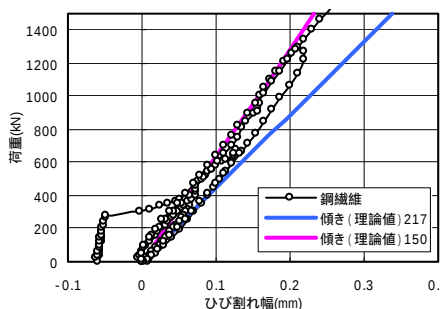


図 5.2 荷重-ひび割れ幅曲線（鋼繊維）

（上図では除荷後のひび割れ幅が 0 となるように補正した。）

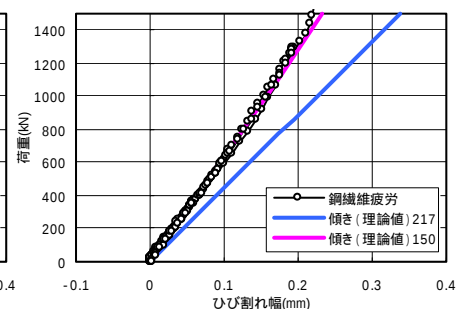


図 5.3 荷重-ひび割れ幅曲線（鋼繊維疲労）

（上図では除荷後のひび割れ幅が 0 となるように補正した。）