

(I-55) 連続合成桁負曲げ領域の力学性状に着目した実験的研究

宇都宮大学 学生員 浅井 貴幸 宇都宮大学 正会員 中島 章典
 宇都宮大学 学生員 大木 太 宇都宮大学 正会員 斉木 功
 トビー工業 藤井 政美 宇都宮大学 正会員 菅沼 輝人

1. 序論

鋼とコンクリートを用いた合成桁橋は、その合理性、経済性ゆえに現在では中小径間橋梁として普遍的な橋梁形式となっている。その中でも連続合成桁は、さらに耐震性、走行性の利点を有する橋梁形式であるが、中間支点部の負の曲げモーメントによりコンクリート床版（以下 RC 床版と呼ぶ）に作用する引張力の対処法が問題である¹⁾。

そこで本研究では、連続合成桁のひび割れ性状、力学性状の把握を目的として、全長にわたり RC 床版を用いた 2 径間連続合成桁試験体を 2 体（以下 NCBc, NCBd）作製し、静的載荷実験を行った。また実験結果より、特に負曲げ領域のひび割れ、鋼桁と RC 床版のずれ、桁高方向ひずみ分布等の連続桁としての力学性状を検討した。

2. 実験概要²⁾

試験体は 1 スパン 2000mm、全長 4200mm の 2 径間連続合成桁とし、試験体形状および断面は図-1、図-2 に示す通りである。RC 床版と鋼桁のずれ止めには、軸直径 13mm、全高 70mm のスタッドを使用し、支点上より橋軸方向に 100mm 間隔で 2 列に容植した。使用したコンクリート、鉄筋および鋼桁の材料特性を表-1 に示す。載荷方法は左支点からスパン 1/2 点の一点集中載荷とし、各荷重ステップごとに図-1 の右支点における負反力支承の高さ調節を行なうことにより、載荷中の不等沈下による応力の発生を防いだ。

3. 実験結果と考察

静的載荷実験の結果、各試験体とも約 400kN で中間支点上の載荷点側のウェブがせん断で降伏し、約 600kN で載荷点の下フランジが曲げて降伏した。

図-3 に NCB 2 体の橋軸方向における RC 床版と鋼桁とのずれ変位分布を示す。図の中間支点から左側、つまり中間支点と載荷点の間では、梁理論によるとせん断力が最大の区間である。よって実験値からも分かるように載荷荷重が増大するにつれて、大きなずれ変位が生じている。一方、中間支点から右側の負曲げを受ける領域の実験値を見ると、ほとんどずれが生じていないことが分かる。ずれ変位の発生はその区間に生じているせん断力の状態に依存していると考えられ、また、負曲げ領域では右支点の支点反力よりせん断力の状態が分かる。そこで、図-4 に各支点反力と載荷荷重との比率を示す。同図には実験値と比較するために以下の 3 つの条件の理論値を記した。全スパンにおいて図-2 に示した試験体の全断面を有効とした断面（以下全断面と呼ぶ）を用いた理論値、負曲げ領域にだけ試験体の全断面のうちコンクリートの部分を無視した断面（以下ひび割れ断面と呼ぶ）あるいは、同領域においてだけ全断面のうちコンクリートと鉄筋（D13）を無視した断面（以下鋼断

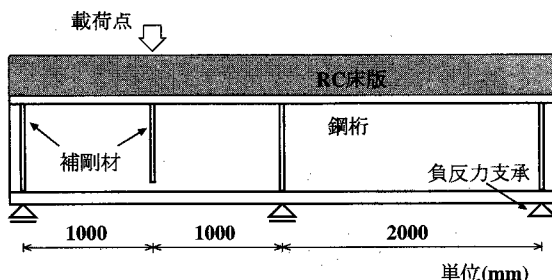


図-1 合成桁試験体

表-1 材料特性

	圧縮強度	弾性係数
コンクリート	32.2N/mm ²	30.9kN/mm ²
	降伏応力	弾性係数
主鉄筋 (D13)	353.5N/mm ²	171.0kN/mm ²
フランジ	321.0N/mm ²	205.8kN/mm ²
ウェブ	298.0N/mm ²	205.8kN/mm ²

面と呼ぶ）を用いた理論値である。ひび割れ断面と鋼断面は、コンクリートにひび割れが発生することにより生じる支点反力の変化を、断面の剛性を低下させることにより考慮している。図-4 の実験値は左支点ではひび割れ断面に、中間支点と右支点では鋼断面の理論値に近い値である。特に負曲げ領域に大きな影響を及ぼす右支点に着目すると、実際に生じている負反力は全断面の値よりも小さいと言える。よってせん断力がこの区間では小さく、RC 床版と鋼とのずれ変位が小さくなったと考えられる。なお実験値は、中間支点と左支点でロードセルを用いて測定し、右支点は載荷荷重と上記の二つの支点反力を用いて求めた値である。

図-5、図-6、図-7 は、負曲げ領域である中間支点、左支点からスパン 5/4 点、3/2 点の各位置における、NCBc の桁高方向ひずみ分布である。実験値は RC 床版においては上側、下側鉄筋のひずみ、鋼桁においては下端から順に下フランジ、ウェブ（3 箇所）、上フランジのひずみを用いており、載荷荷重が 100kN、200kN、300kN のときのひずみ分布を示している。また理論値のひずみ分布は、試験体の断面の剛性、中立軸と右支点負反力の実験値により求まる曲げモーメントを用いて計算した値であり、試験体の断面についてはひび割れ断面と、鋼断面について考えた。RC 床版にひび割れが発生した場合、梁は引張応力を受け持たないコンクリート部分を無視し、鉄筋と鋼桁の合成構造であると仮定すると、その合成度の極限は完全合成と非合成であり、完全合成であれば梁の断面はひび割れ断面と言え、逆に非合成であれば鋼桁と鉄筋の曲げ剛性の比を考えると

Key Words: 連続合成桁, 負曲げ領域, RC 床版のひび割れ, 鋼床版, 実験

〒 321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6230

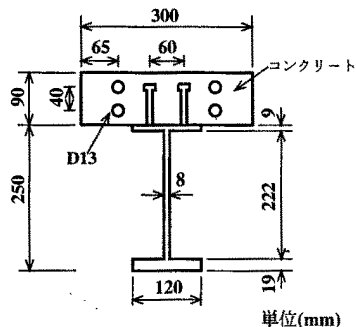


図-2 合成桁試験体断面

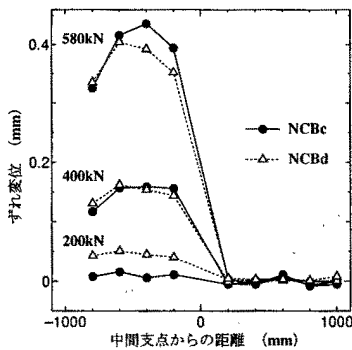


図-3 橋軸方向ずれ変位分布

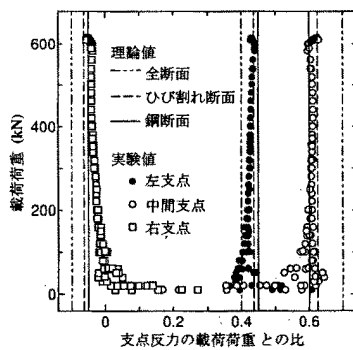


図-4 載荷荷重と各支点反力の関係 (NCBc)

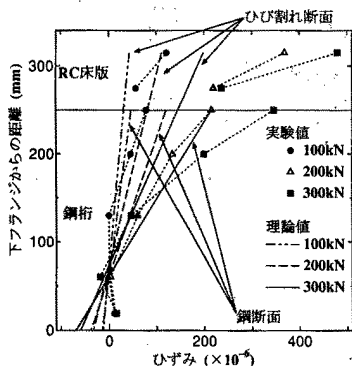


図-5 中間支点の桁高方向ひずみ分布

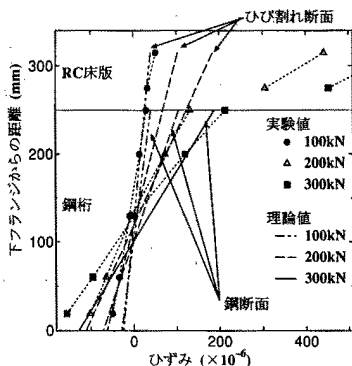


図-6 スパン 5/4 点の桁高方向ひずみ分布

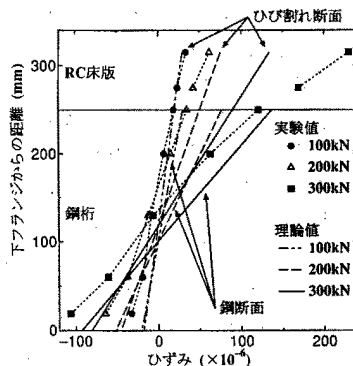


図-7 スパン 3/2 点の桁高方向ひずみ分布

ほぼ鋼断面であると言うことができる。図-7 のスパン 3/2 点では、負の曲げモーメントが小さいため、実験値は荷重が 300kN においても平面保持の仮定がほぼ成り立ち、RC 床版と鋼桁とのずれは非常に小さい。しかし図-5、図-6 の中間支点とスパン 5/4 点では、200kN 以降で RC 床版の鉄筋と鋼桁の上フランジとでひずみの差が生じている。コンクリートと鉄筋の付着が強ければ、鉄筋に追従してコンクリートは変位するので、コンクリートと鋼桁との間にずれが発生するはずである。しかし、図-3 に示した通り、負曲げ領域においてずれ変位は生じていないため、コンクリートは鋼桁と一体化した挙動をしている可能性があり、逆に鉄筋とコンクリートとの間にはすべりが発生していると予測できる。また図-6 の実験値は載荷荷重 200kN 以降において、鋼桁と鉄筋のひずみの差が極端に大きくなっている。これは 200kN までに目視で確認できるひび割れが、スパン 5/4 点での RC 床版に発生したためである。同図の 200kN、300kN における鋼桁部分の実験値は、ひび割れ断面の理論値よりも、鋼断面の理論値に近い挙動を示している。よってこの断面での鉄筋と鋼桁との合成度は非合成に近く、お互いがずれながらも相互作用がある不完全合成であると推測できる。

負曲げ領域でも特に負の曲げモーメントの影響が大きい区間において、RC 床版に曲げひび割れが発生し始めると、コンクリートを無視するひび割れ断面の区間が増えてくる。またこの区間の梁が鉄筋と鋼桁の合成構造であると仮定すると、その断面の応力状態により合成度は完全合成から徐々

に、不完全合成、非合成へと変化する。つまりこの区間はさまざまな断面が存在する複雑な領域になると推測できる。そのため載荷点から負曲げ領域への応力伝達は、主に鋼桁を介すことにより力が右支点部に伝達される。それに対してこの区間の RC 床版内の鉄筋には、鋼からのコンクリートを介した応力伝達が不可能なため、この区間外において鋼桁、コンクリート、鉄筋の間で相互に応力伝達が可能な部分から直接的に応力が鉄筋に伝達されると考えられる。この考え方と本実験結果からは、負曲げ領域の鉄筋が、負曲げの影響が小さい右支点付近と、正曲げ領域との両端部から、プレストレスを受けているような複雑な性状であると推測できる。

4. 結論

本実験で使用したコンクリートは普通強度であったため、試験体が降伏した 600kN より小さい荷重状態においてもひび割れが発生しやすく、特にひずみ分布性状より負曲げ領域においてその影響が大きいことが把握できた。しかし、これらの負曲げ領域の挙動は NCB 2 体から得られた結果であり、一般的な確証が得られる段階ではないと思える。今後は数値解析を併用してさらに実験結果を検討する必要がある。

参考文献

- 1) (社)日本橋梁建設協会：連続合成桁設計法調査検討業務、1995.2.
- 2) 中島章典、植木雅雄ら：負曲げ領域を鋼床版とした連続合成桁の力学性状に関する実験的研究、第 4 回復合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集、pp.87-92、1999.11.