

合成梁の限界状態に着目した実験的検討—頭付きスタッドの配置間隔の影響—

宇都宮大学 学生員
川田工業 正会員

○ 菅原 健太郎 岡崎 康幸 フェロー会員 中島 章典
溝江 慶久

1. はじめに

合成梁とは鋼梁とコンクリート床版を頭付きスタッド（以下、スタッド）などのずれ止めで結合させた梁である。ずれ止めによる合成効果が十分で合成梁として成立するためには、合成梁として必要な要求性能を満足する必要がある。著者らはスタッドの配置間隔が異なる合成梁模型試験体の実験を行い、たわみ、ずれ変位、ひずみなどを詳細に計測した¹⁾。その結果、さらに、ずれ止めが十分配置された合成梁の実験を行い、合成梁の要求性能を確認することが必要と考えられた。

そこで本研究では、さらにずれ止めを十分配置した合成梁模型試験体の実験を行い、これまでの結果と相互に比較して、安全性、使用性の観点から合成梁の挙動を確認した。

2. 実験概要

合成梁模型試験体の概要を図-1に示す。試験体の全長は4200mm、支間長は4000mmで、軸径16mm、全高90mmのスタッドを上フランジ上に2列で配置している。そして、長手方向のスタッドの配置間隔を100mm、150mm、200mmと変えた試験体3体を製作しており、それぞれの試験体名をCGS10、CGS15、CGS20とする。図-2のように幅400mm、高さ120mmのRC床版内にはそれぞれD13鉄筋を2段で合計8本配置し、スターラップとして、D10鉄筋をCGS10では載荷点より左側で100mm間隔、右側で200mm間隔に、CGS15及びCGS20では、それぞれ150mm及び200mm程度の間隔に配置している。実験に際しては、支間1/3点に漸増繰返し荷重を載荷し、載荷点のたわみ、RC床版と鋼梁のずれ変位、各部のひずみを計測している。

なお、試験体CGS15及びCGS20では、鋼梁下フランジを直接実験棟の床に置いてRC床版を打設、脱型、養生している。一方、試験体CGS10では、実際の現場での状況を再現するため、支点位置で単純支持した状態でRC床版を打設、脱型、養生している。

3. 実験結果及び考察

図-3に載荷点の荷重—たわみ関係の包絡線を示す。縦軸が荷重、横軸がたわみである。図中の黒実線はせん断変形の影響を考慮した理論値である。この図から、CGS15の関係の初期勾配はせん断変形の影響を考慮した理論値よりも大きく、荷重が600kNを超えるまでCGS10よりもたわみが小さい。この理由は不明であるが、実験においてたわみの計測方法が他と異なり、そこに問題があったと考えている。

これに対してCGS10及びCGS20の関係の初期勾配はせん断変形を考慮した理論値にほぼ一致しており、CGS10では荷重約350kNで、CGS20では荷重約200kNで理論値から外れている。この理由は後者の場合の方がスタッドが少なく、合成効果が小さいためと考えられる。

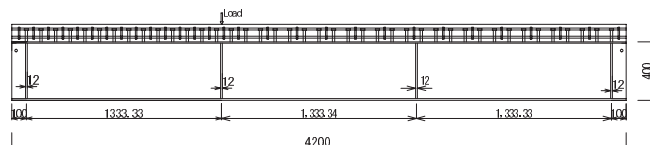


図-1-a CGS10

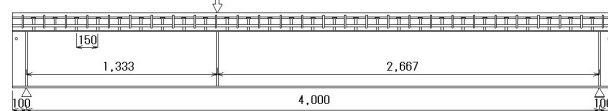


図-1-b CGS15

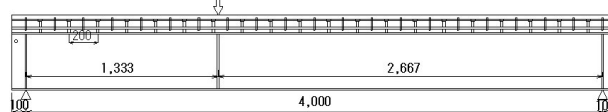


図-1-c CGS20

図-1 試験体詳細図

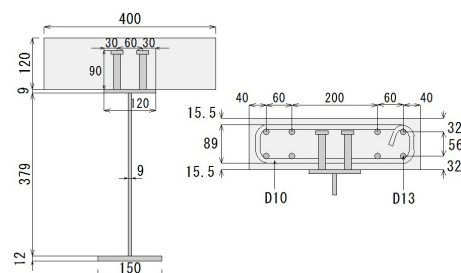


図-2 桁試験断面図及び配筋図 (単位 mm)

これらの試験体の曲げ耐力、応力ブロックに基づく全塑性モーメント及び床版コンクリートの圧壊の影響を考慮した設計曲げ耐力に相当する荷重を表-1にまとめる。ここで用いた梁断面では、床版コンクリートの圧壊の影響により(1)式のように全塑性モーメントを低減するため、曲げ耐力の実験値はいずれも設計曲げ耐力よりも大きく、安全性の限界状態を満足していると言える。しかし、CGS15の曲げ耐力の実験値755kNに対して、他の2体の曲げ耐力は10%程度小さい。

$$M_{ud} = (1.05 - 0.33 \frac{D_p}{D_t}) \frac{M_{pl}}{y_b} \quad (1)$$

M_{ud} :設計曲げ耐力 (kN)

M_{pl} :全塑性モーメント (kN・m)

D_p :床版上面から塑性中立軸までの距離 (m)

D_t :合成断面の全高 (m)

y_b :部材係数 (一般的に1.1)

図-4に載荷点における床版上縁のひずみと荷重の関係を示す。縦軸が荷重、横軸がひずみである。なお、図中には荷重600kN～700kN時の拡大図を示している。CGS10及びCGS15では、載荷点において床版内に2段配置している鉄筋の軸ひずみから床版上縁のひずみを線形補間により算定している。一方、CGS20では載荷点でひずみを計

Key Words: 複合構造, 合成梁, 頭付きスタッド, 限界状態

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

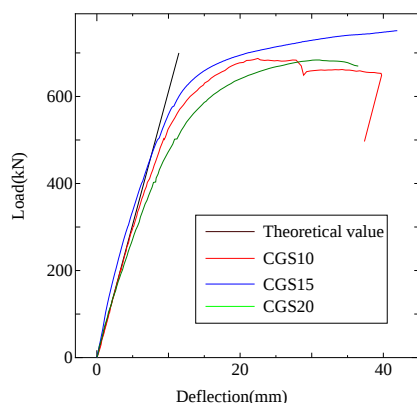


図-3 荷重-たわみ関係

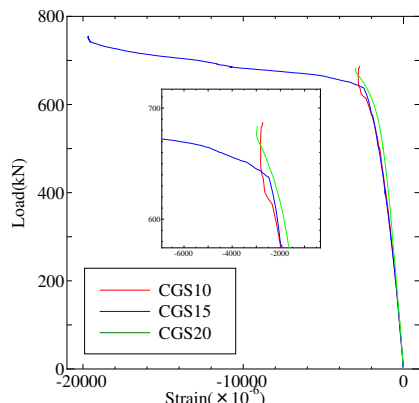


図-4 荷重-載荷点の床版上縁のひずみ関係

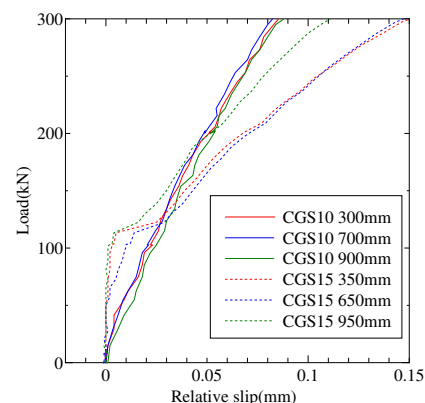


図-5 相対ずれ変位分布

表-1 曲げ耐力の実験値と理論値の比較

	曲げ耐力	全塑性モーメント	設計曲げ耐力
CGS10	687kN	721kN	635kN
CGS15	755kN	743kN	639kN
CGS20	684kN	696kN	603kN

表-2 使用性の荷重

	コンクリート 制限ひずみ	鋼材 降伏ひずみ	ずれ変位 0.4mm
CGS10	206kN	370kN	640kN
CGS15	220kN	480kN	400kN
CGS20	202kN	540kN	372kN

測しなかったため、載荷点の左側 133mm 位置の床版上縁のひずみを同様に算定し、これを曲げモーメントの勾配に応じて載荷点の値に変換している。この図から CGS15 では、荷重とともに床版上縁のひずみが約 20000×10^{-6} まで増加して曲げ耐力に相当する荷重 755kN に至っている。一方、CGS10 では荷重約 600kN を超えたあたりから床版上縁のひずみが他より大きくなるが、650kN を超えると、荷重の増加に対してひずみの変化が小さくなりこのまま曲げ耐力に相当する荷重 687kN に達している。これは、特に載荷点右側床版上部のコンクリートが圧壊するのに伴ってスターラップの配置間隔が 200mm のところで鉄筋が座屈し、この部分が急激に圧縮力に抵抗できなくなったためと考えられる。CGS15 においても荷重 750kN 程度で荷重の増加に対してひずみの増加が停滞するような同様のひずみ挙動が認められる。また、CGS20 では、荷重 650kN 程度において床版上縁のひずみは急激に大きくなる前に不完全合成梁の挙動が顕著になり荷重 684kN で曲げ耐力に至ったものと考えられる。

CGS10 及び CGS15 において計測した鋼梁上縁と床版下縁のずれ変位と荷重の関係を図-5 に示す。縦軸が荷重を、横軸がずれ変位である。ずれ変位の計測位置は載荷点から CGS10 では 300, 700, 900mm であり、CGS15 では 350, 650, 950mm である。この図から、スタッド本数が多い CGS10 では、荷重の増加とともにずれ変位が増加しているが、スタッド本数が少ない CGS15 では、荷重が 100kN 程度以下では荷重の増加に対してずれ変位は増加していない。これは、試験体の RC 床版の打設や養生手順の違いによるものと考えられる。つまり、CGS10 では、前述のように、支点位置のみで支持した状態で床版を打設、脱型、養生しており、死荷重などによるせん断力がスタッドに作用し、鋼梁上フランジ上面と床版下縁の付着が低下していた可能性があるのに対して、CGS15 では鋼梁下面を床に直接置いて RC 床版を打設、脱型、養生しているた

め、鋼梁上フランジ上面と床版下縁の付着が保持されていたと考えられる。

4. 使用性の限界状態

表-2 には、各試験体の使用性の限界状態における荷重値を示す。ここでは、使用性の限界状態として、RC 床版上縁のひずみ、鋼桁下縁のひずみおよび最大のずれ変位がそれぞれ複合構造標準示方書に規定される限界値に達するときの荷重値を示している²⁾。なお、コンクリートのひずみの限界値は材料試験で求めた弾性係数を用いて応力をひずみに換算している。また、RC 床版上縁のひずみは図-4 に示したように鉄筋のひずみに基づいて算定している。この表から、ここで用いた試験体のプロポーシオンでは、コンクリートのひずみの限界値に対応する荷重値が最も小さく、試験体によってその大きさはあまり変わらない。一方、鋼材の降伏ひずみに対応する荷重値は、スタッドの本数が少ないほど大きい。さらに、ずれ変位の限界値に対する荷重値はもちろんスタッド本数が多い試験体ほど大きい。

5. まとめ

本研究では、スタッドの配置間隔を変えた合成梁試験体の静的載荷試験を行い、その限界状態に着目して検討した。その結果、最もスタッド本数が多い試験体の曲げ耐力が必ずしも大きくならない結果となった。この理由は載荷点付近の床版内スターラップ配置間隔と鉄筋の座屈関係によるものと考えられた。

参考文献

- 1) 溝江ら：材料損傷の発生順序に着目した合成はりの耐荷挙動に関する実験的研究，第 11 回複合構造の活用に関するシンポジウム，pp.393-402，2015。
- 2) 土木学会：複合構造標準示方書，pp.158-160，2015。