

# 床版取替え時のスタッド配置を変化させた合成桁の限界状態に関する検討

宇都宮大学大学院 学生員 ○岡崎康幸 フェロー会員 中島章典  
川田工業(株) 正会員 溝江慶久 非会員 佐藤美乃里(元宇都宮大学生)

## 1. はじめに

我が国の合成桁において RC 床版の劣化損傷が進んでおり、RC 床版を取替えることが必要な場合が生じている。RC 床版を取替える場合、高品質で、施工期間の短縮を図れることからプレキャスト床版が多用されている。合成桁にプレキャスト床版を用いる場合、スタッドをグループ配置し、プレキャスト床版にスタッド用の箱抜きを設け、無収縮モルタルなどによって一体化する工法がある。

本研究では、スタッドが等間隔配置された場所打ち床版合成桁と、スタッドグループ配置で箱抜きを有するプレキャスト床版による合成桁の模型試験体を作製し、静的載荷試験を行った。さらに、グループスタッドの数を減らした合成桁試験体も作製し、実験を行った。その結果からプレキャスト床版を使用し、スタッド配置を変化させた合成桁の挙動を限界状態に着目して検討した。

## 2. 合成桁試験体及び試験方法

本研究に用いた試験体は、図-1 に示す断面形状をもつ全長 4200mm の合成桁である。ずれ止めとして軸径 16mm、全高 90mm のスタッドを 2 列に配置した。試験体の種類は表-1 に示すようにスタッドの配置間隔、床版の作製方法及びモルタル層の有無が異なる 4 タイプである。RC-UGS では、図-3 に示すようにスタッドを 150mm 間隔で配置し、鋼桁の上に直接コンクリートを打設した。PCa-GS シリーズでは、図-2 に示すように 6 本ずつグループ配置し、別に作製した箱抜きを有するプレキャスト床版を無収縮モルタルによって一体化させた。また、PCa-GS1 及び PCa-GS2m では図-4 に示すようにグループスタッドを桁全体に 8 箇所配置し、PCa-GS4-m では図-5 に示すように 6 箇所配置した。なお、PCa-GS1 では上フランジとプレキャスト床版の間にモルタル層を設けていないが、PCa-GS2m 及び PCa-GS3m では上フランジとプレキャスト床版の間に厚さ 3mm 程度のモルタル層を設けている。

各試験体の載荷時には、試験体を支点間距離が 4000mm となるように単純支持し、支点間 1/3 点に集中荷重を載荷した。載荷方法は漸増繰返し載荷とし、それぞれのサイクルのピーク荷重を 100, 200, 300, 400, 500kN、ずれ止め位置で計測した最大のずれ変位が 0.6mm 程度となる荷重を目安として載荷除荷を繰り返した後、床版が圧壊し荷重が低下するまで荷重を増加させた。

載荷実験では、載荷点におけるたわみ、コンクリート床版と鋼桁間のずれ変位、鋼桁及び床版内鉄筋のひずみなどを測定した。コンクリート床版と鋼桁間のずれ変位の計測位置は図-3~図-5 にそれぞれ示した。また、使用した材料の特性値は、試験体ごとに異なるものとなっており、表-2 に示す。なお、箱抜き部及びモルタル層に用いた無収縮モルタルの圧縮強度は、PCa-GS1 で 72.0N/mm<sup>2</sup>、PCa-GS2m で 59.3N/mm<sup>2</sup>、PCa-GS3m で 61.9N/mm<sup>2</sup> であった。

## 3. 試験結果および考察

### (1) 荷重-たわみ関係

載荷点における荷重-たわみ関係の結果を図-6 に示す。PCa-GS1 では荷重 613kN 程度で、載荷点付近の床版にせ

表-1 試験体のスタッド配置, 床版作製方法

試験体名	スタッド配置	床版	モルタル層
RC-UGS	等間隔配置	場所打ち	-
PCa-GS1	グループ 8 箇所	プレキャスト	なし
PCa-GS2m	グループ 8 箇所	プレキャスト	あり
PCa-GS3m	グループ 6 箇所	プレキャスト	あり

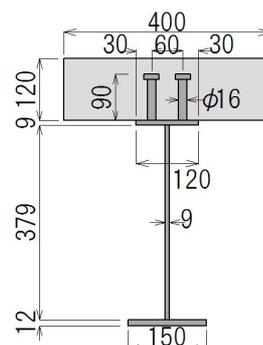


図-1 試験体断面図

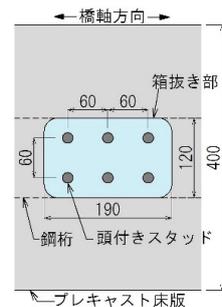


図-2 グループスタッド部分面図

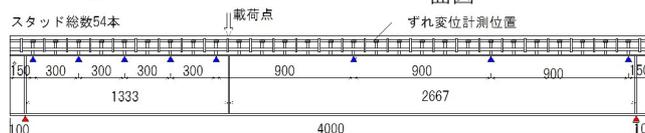


図-3 試験体 RC-UGS 側面図

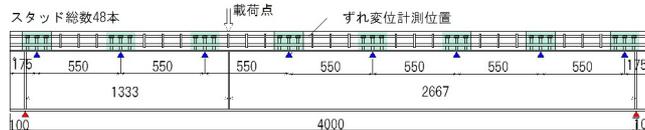


図-4 試験体 PCa-GS1 及び PCa-GS2m 側面図

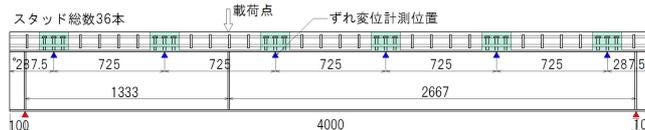


図-5 試験体 PCa-GS3m 側面図

表-2 使用材料特性値

	RC-UGS PCa-GS1	PCa-GS2m PCa-GS3m
鋼桁上フランジ・ウェブ降伏強度	429N/mm <sup>2</sup>	380N/mm <sup>2</sup>
鋼桁下フランジ降伏強度	410N/mm <sup>2</sup>	396N/mm <sup>2</sup>
コンクリート圧縮強度	36.1N/mm <sup>2</sup>	34.9N/mm <sup>2</sup>
コンクリート静弾性係数	28.0kN/mm <sup>2</sup>	29.0kN/mm <sup>2</sup>

ん断斜めひび割れを生じて急激に荷重が低下した。その後載荷を続け、625kN で最大荷重となった。この原因として、床版設置時に載荷点付近の床版下縁と鋼桁上フランジの間に 1~2mm 程度の隙間があったため、その部分の床版がせん断破壊した後に隙間が狭まって、その後も荷重が増加したものと考えられる。この対策として後に作製した PCa-GS2m と PCa-GS3m では前述のようにモルタル層を

Key Words: 合成桁 床版取換え プレキャスト床版 グループスタッド 合成効果

〒 321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院工学研究科地球環境デザイン学専攻 Tel.028-689-6210 Fax.028-689-6208

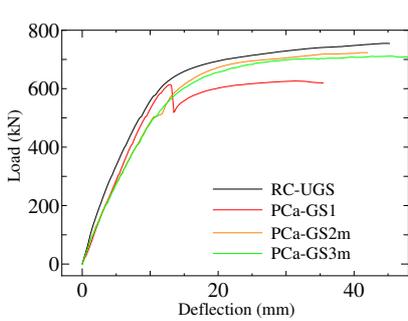


図-6 荷重とたわみ関係

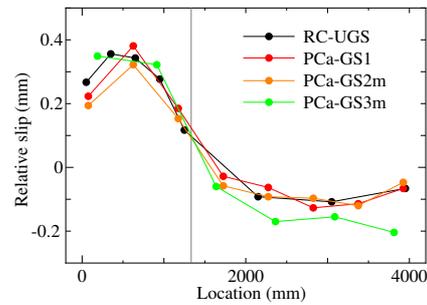


図-7 鋼桁下フランジ下縁降伏時 ずれ変位分布

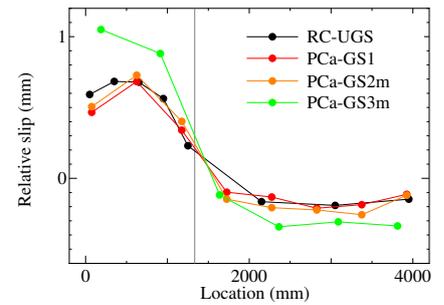


図-8 荷重 600kN 時 ずれ変位分布

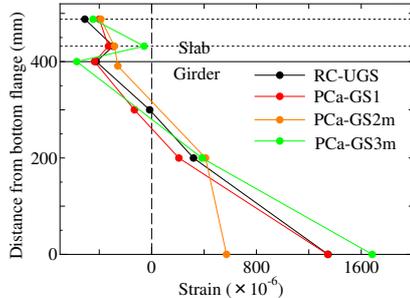


図-9 鋼桁下フランジ下縁降伏時 桁高方向ひずみ分布

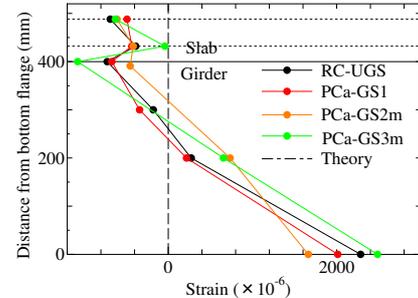


図-10 荷重 600kN 時 桁高方向ひずみ分布

設けることによって、せん断破壊による急激な荷重低下を防ぐことができた。また、PCa-GS2m と PCa-GS3m では荷重 600kN 程度までの初期勾配はほぼ一致しており、同程度の合成効果を有すると言える。しかし、その他の試験体と比較すると、初期勾配が幾分小さくなっている。

それぞれの試験体の最大荷重は、RC-UGS で 755.0kN, PCa-GS1 で 624.3kN, PCa-GS2m で 723.3kN, PCa-GS3m で 711.9kN であった。RC-UGS が最も耐力が大きく、PCa-GS2m と PCa-GS3m はほぼ同程度の耐力となった。なお、材料強度を考慮した各試験体の耐力の理論値は RC-UGS 及び PCa-GS1 で 743kN, PCa-GS2m 及び PCa-GS3m で 698kN である。PCa-GS1 を除き、各試験体で理論値より 1.6%~3.6%程度強度増加が見られた。理論値と比較しても極端な強度低下はないことから、グループスタッドの配置数を 8 箇所から 6 箇所に低減しても同程度の耐力を期待できる可能性があると考えられる。

## (2) ずれ変位分布及び桁高方向ひずみ分布

次に、各試験体の鋼桁下フランジ下縁降伏時及び荷重 600kN 時におけるずれ変位分布及び桁高方向ひずみ分布を比較する。ここでは鋼桁の下フランジ下縁降伏時を使用性の限界状態と考え、その時の上述の挙動を確認する。なお、それぞれの試験体の鋼桁下フランジ下縁降伏時の荷重は、RC-UGS で 453.8kN, PCa-GS1 で 474.7kN, PCa-GS2m で 402.8kN, PCa-GS3m で 415kN となり、前者 2 体の荷重の方が、後者 2 体より大きい。これは、表-2 に示すように鋼桁を構成する鋼材の材料強度の差異によるものと思われる。

図-7 に鋼桁下フランジ下縁降伏時の橋軸方向のコンクリート床版と鋼桁間のずれ変位分布を示す。縦軸はずれ変位を表し、横軸は左側支点から着目点までの距離を表している。なお、鋼桁に対してコンクリート床版が左側にずれ方向を正としている。複合構造標準示方書<sup>1)</sup>によると、ずれ変位 0.4mm を使用性の限界状態の目安と考えているが、いずれの試験体においてもこの荷重段階におけるずれ変位は 0.4mm 以下となっている。また、グループスタッドの配置数を減らした PCa-GS3m の最大ずれ変位も他の

試験体の結果とほとんど変わらない。一方、載荷点から左側に約 450mm の位置における桁高方向ひずみ分布を図-9 に示す。図の縦軸は下フランジ下縁からの距離、横軸はひずみを表している。この図から、鋼桁部分とコンクリート床版部分の断面平面保持は成立しておらず、不完全合成状態にあることがわかる。

また、参考のために荷重 600kN 時におけるずれ変位分布及び桁高方向ひずみ分布を図-8、図-10 に示す。この荷重段階における橋軸方向ずれ変位分布では、やはり、グループスタッドの配置数を減らした PCa-GS3m の載荷点左側のずれ変位は他よりも大きい。また、桁高方向ひずみ分布においても PCa-GS3m のひずみ分布が完全合成時のひずみ分布から離れており、不完全合成の傾向が強い。しかし、他の試験体においてももちろん断面平面保持は成り立っておらず、使用性の限界状態と考えた鋼桁下フランジ下縁降伏時のひずみ分布の傾向と変わらない。

## 4. まとめ

本研究では、場所打ちの RC 床版、プレキャスト床版による合成桁試験体と、グループスタッド配置数やモルタル層の有無などを変化させた合成桁試験体の静的荷重試験を行った。その結果、いずれの試験体においても、下フランジ下縁降伏時に断面平面保持は成立しておらず、不完全合成状態にあるが、ずれ変位は 0.4mm 以下で使用性の限界状態に達していないことを確認した。また、グループスタッド配置数を減少させた試験体において他の試験体と同様に完全合成桁の理論値に近い耐力が得られたため、安全性の限界状態に着目してもグループスタッドの配置数を減少させることができる可能性があると考えられる。

なお、本研究の一部は、科学研究費補助金(基盤研究(C), 課題番号 22560472)の補助を受けて実施した。また、太平洋マテリアル株式会社様より無収縮モルタルの材料を提供していただいた。ここに記して関係各位に謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 土木学会複合構造委員会：複合構造標準示方書 2009 年制定, 2009.12.
- 2) 中島 他：ずれ止めの非線形挙動を考慮した不完全合成桁の弾塑性解析, 土木学会論文集 No.537, 1996.4.