

(31)プレキャスト床版を用いた合成桁桁端部の スタッド配置に関する検討

中島 章典¹・渡邊 忠朋²・京田 英宏³・坂口 淳一⁴

¹フェロー会員 株式会社 HRC 研究所（〒980-0804 仙台市青葉区大町 2-4-10 仙台タツミビル 501）
E-mail: akinorin@hrc-ri.co.jp

²株式会社 HRC 研究所（〒062-0020 札幌市豊平区月寒中央通 7-4-7）

³正会員 北武コンサルタント株式会社（〒062-0020 札幌市豊平区月寒中央通 7-4-7）
E-mail: h-kyoda@hokubu-c.co.jp

⁴正会員 株式会社 HRC 研究所（〒062-0020 札幌市豊平区月寒中央通 7-4-7）
E-mail: j-sakaguchi@hrc-ri.co.jp

本検討では、既設鋼桁の RC 床版取替えに際して、桁端部にもプレキャスト床版を用いることを意図して、桁端部におけるスタッド配置パターンをいくつか仮定し、乾燥収縮や温度差などの作用により生じるスタッドのせん断力応答を求めた。スタッドのせん断力応答を求めるに際しては、弾性合成桁の解析に適した剛体ばねモデルによる数値解析を用いている。

その結果、乾燥収縮および温度差の作用によるスタッドのせん断力は桁端部で非常に大きくなり、両者を重ね合わせた場合、使用性の限界値を満足しないスタッド配置になっている。しかし、仮定した桁端部のスタッド配置パターンに対して、乾燥収縮と温度差の影響を連続的に考慮した場合には、スタッドに生じる最大せん断力は使用性の限界状態に対して許容できる程度となることを確認した。

Key Words : composite girder, precast slab, girder ends, stud arrangement, design action

1. はじめに

乾燥収縮および温度差の作用により、合成桁の特に桁端部のずれ止めは比較的大きいせん断力を受けることになるため、ずれ止めとして用いる頭付きスタッド（以下、スタッドと呼ぶ。）などを密に配置することが必要となる。既設鋼桁の鉄筋コンクリート床版（以下、RC 床版と呼ぶ。）を取替える際に、プレキャスト床版（以下、PCa 床版と呼ぶ。）を用いる場合には、スタッド配置のための箱抜き部とプレストレスを導入するための PC 鋼線の配置が干渉するなどの理由により、桁端部だけ場所打ちとする場合も多い^{1,2)}。

本検討では、実際の連続合成桁を参考とした解析モデルを対象として、乾燥収縮や温度差などの設計上の作用の組合せにより生じるスタッドのせん断力を求める。解析対象は通常の場合打ち RC 床版を有する連続合成 2 主桁の 1 本の主桁と対応する床版断面とするが、これに PCa 床版を用いるものとした。設計上の考え方に基づいて、各作用によるスタッドのせん断力を求め、これを設計基準などに規定される作用の組合せに対応して重ね

合わせた場合と各作用を連続的に載荷した場合の特にスタッドのせん断力を確認する。その結果に基づき、桁端付近における幾つかのスタッド配置パターンと設計作用に対するスタッドのせん断力との関係を確認した。本検討では、スタッドのせん断力応答を求めるに際して、合成桁を弾性合成桁の考え方に基づいてモデル化した剛体ばねモデルによる数値解析を用いている³⁾。

2. 連続合成桁の解析モデル

解析モデルの構成において参考とした連続合成桁は、各スパン 59m の 2 径間連続合成 2 主桁であり、鋼桁の桁高は 2900mm、主桁間隔は 5200mm、床版厚は 310mm である。鋼桁は橋軸方向に変断面となっており、ずれ止めには、22×200mm のスタッドが用いられている。解析に際しては、図-1 に示すような連続合成 2 主桁の 1 本の主桁と主桁間隔幅の床版断面を有する合成桁にモデル化している。鋼桁の橋軸方向の断面変化は参考とした連続合成桁より簡略化して図-1 のように仮定した。なお、左

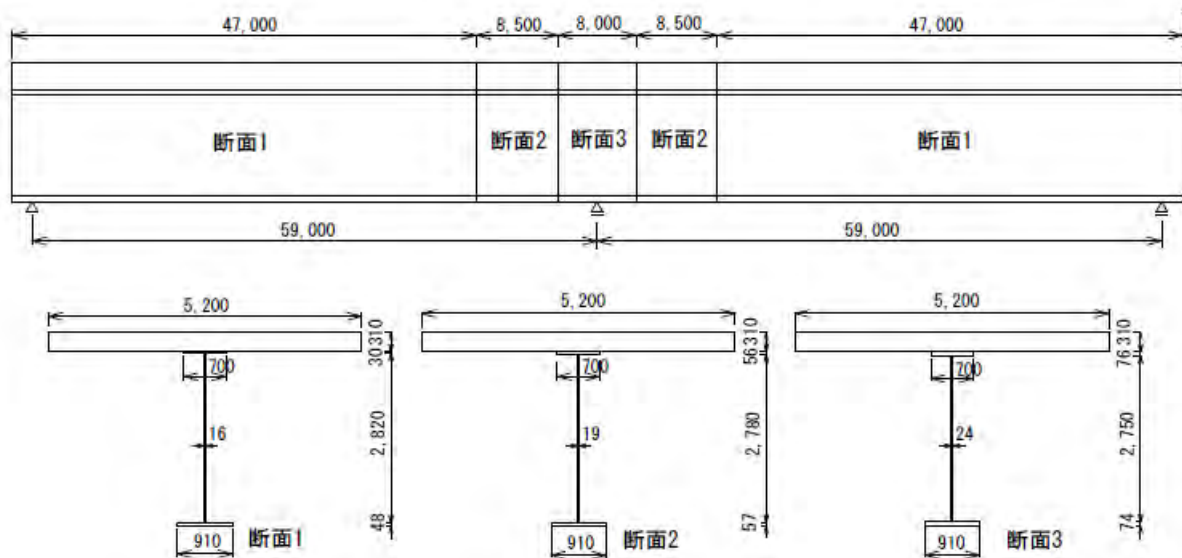


図-1 2径間連続合成桁の解析モデル

右の桁端側に 500mm 程度の張出部を設けている。また、参考とした連続合成桁の RC 床版内には D22 の鉄筋が 1 段 46 本で 2 段に配置されているので、解析モデルの PCa 床版内にも同等の鉄筋が配置されているものとした。

剛体ばねモデル解析に際しては、PCa 床版と鋼桁それぞれの桁端付近の 6 個の剛体の長さを 250mm、それ以外の部分の剛体長さを 500mm とし、それぞれ橋軸方向の節点数は 245 としている。左右桁端側の剛体重心点間の長さは 119m、左右の支点間の長さは 118m としている。なお、PCa 床版 1 枚の橋軸方向長さは桁端付近を除いて 2000mm と仮定し、PCa 床版同士の継手部分は PCa 床版部分と同等の抵抗性能を発揮するものと仮定して、PCa 床版部分と同じ断面特性を有するものとしている。

また、断面の桁高方向の応力、ひずみを確認するために、床版断面は桁高方向に 10 分割、鋼桁の上下フランジは 1 分割、ウェブは桁高方向に 10 分割とした。スタッドは水平ばねにモデル化し、そのばね特性には複合構造標準示方書⁴⁾ (以下、複合示方書と呼ぶ。) に基づいたせん断力-ずれ変位関係を導入している。ここで用いた剛体ばねモデル解析における床版コンクリート、鋼桁、鉄筋、スタッドなどのモデル化方法の詳細は文献 3) を参照していただきたい。

3. 各作用による応答値の数値計算結果と理論値の比較

ここで用いた剛体ばねモデル解析による計算結果の精度を確認するために、図-1 に示す解析モデルを簡略化し、鋼桁は断面 3 のみの等断面で、桁端の張出部分は省略し、両支点間長さ 118m とした解析モデルに対して、合成後死荷重および乾燥収縮による PCa 床版、鋼桁の

上下縁の応力およびスタッドのせん断力を計算した。ここでは、剛体ばねモデル解析における各剛体長さを 500mm とし、ずれ止めには 22×200mm のスタッドを 500mm 間隔で 1 箇所当たり 10 本配置している。

コンクリートの応力-ひずみ関係は線形弾性関係で、合成後死荷重載荷時には、コンクリートの弾性係数を $3.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ とし、乾燥収縮の場合には、乾燥収縮に伴うコンクリートのクリープの影響を考慮してコンクリートの弾性係数を $1.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ としている。また、鋼桁の弾性係数は $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ とし、ここでは鉄筋は省略した。スタッドの挙動を表すばねには、上述のように複合示方書に規定されるせん断力-ずれ変位関係を導入しているが、この作用の範囲ではスタッドに生じるせん断力は十分小さいので、せん断力とずれ変位の関係は初期の弾性範囲にあり、その弾性のばね定数はスタッド 10 本分で $4.629 \times 10^6 \text{ N/m}$ としている。

合成後死荷重の荷重強度は 22kN/m の等分布とした。また、乾燥収縮の計算の際にはコンクリートの最終収縮度は 200×10^{-6} とし、理論値は道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編⁵⁾ (以下、道示 II と呼ぶ。) に示される方法で求めた。

図-2 には、合成後死荷重が作用した場合の PCa 床版と鋼桁の上下縁の橋軸方向応力分布およびスタッドのせん断力分布を示している。図の縦軸は応力あるいはせん断力を表し、横軸は橋軸方向位置であり、赤線が数値解析による計算値、青線が理論値である。床版の応力分布では、中間支点部で計算値が急激に変化し、理論値と異なる値となっている。中間支点部で計算値が理論値と乖離している理由は、剛体ばねモデル解析では支点反力を含め集中荷重点近傍の床版コンクリートのばねが局所的に変形するためであると考えられる。しかし、その部分

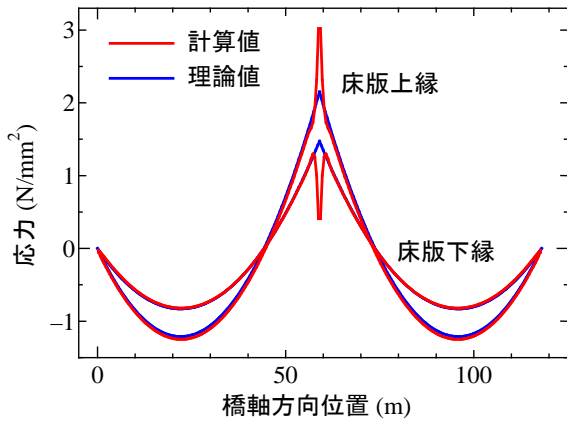


図-2(a) 床版応力分布

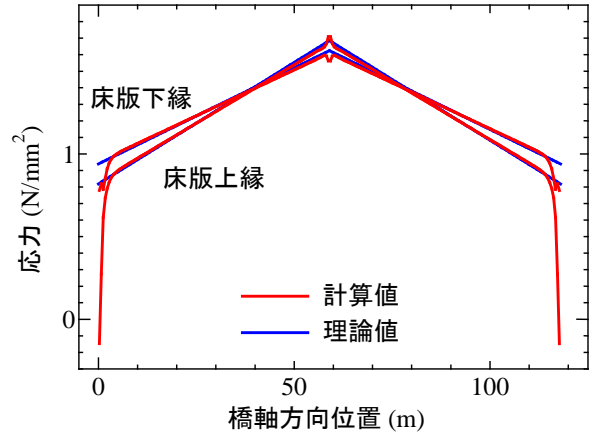


図-3(a) 床版応力分布

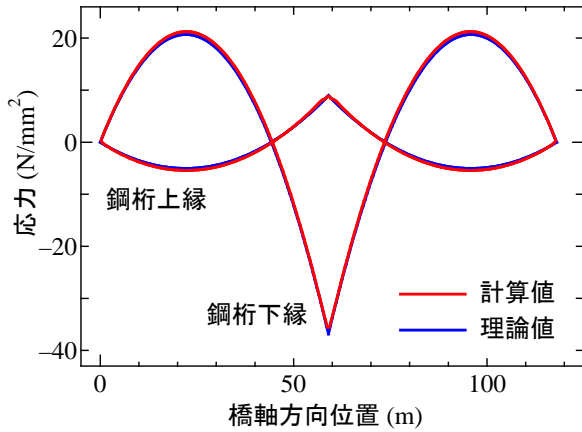


図-2(b) 鋼桁応力分布

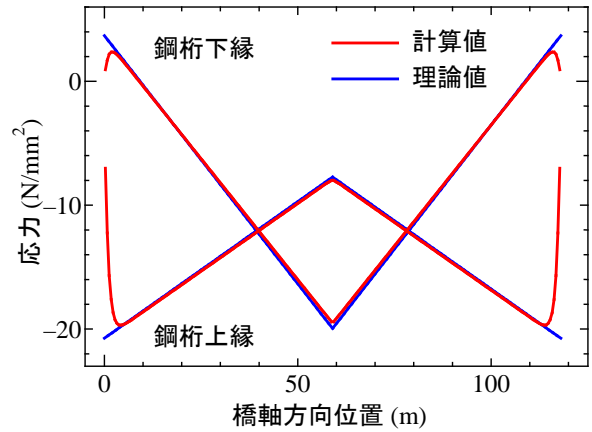


図-3(b) 鋼桁応力分布

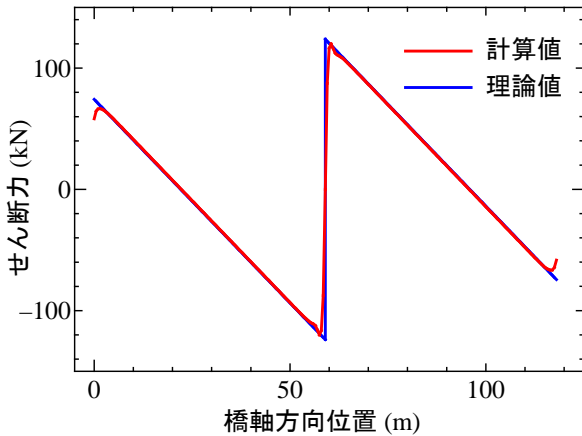


図-2(c) スタッドのせん断力分布

図-2 合成後死荷重による応答の比較

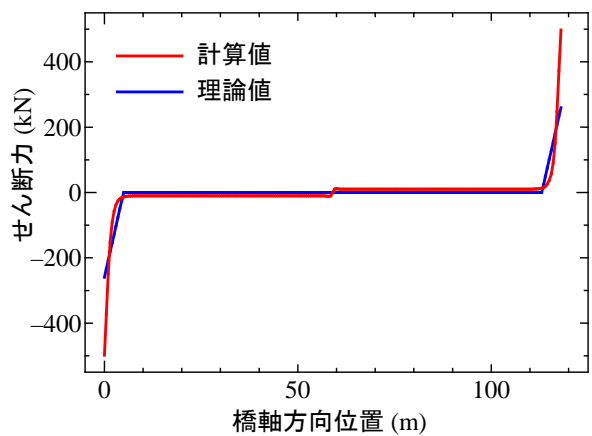


図-3(c) スタッドのせん断力分布

図-3 乾燥収縮による応答の比較

を除いて、応力分布およびせん断力分布の計算値と理論値はほぼ一致していることがわかる。

一方、図-3には、乾燥収縮の作用によるPCa床版と鋼桁の上下縁の橋軸方向応力分布およびスタッドのせん断力分布を示している。スタッドのせん断力分布の理論値は道示IP²⁾に示される方法で求めており、主桁間隔5200mmの範囲の桁端でスタッドがせん断力を負担するものとしている。その結果、スタッドのせん断力分布では、桁端の理論値の最大せん断力は1箇所当たり259kN

であるのに対して、桁端の計算値の最大せん断力は1箇所当たり498kNとなっており、理論値の2倍程度の値になっている。そして、計算値では特に桁端付近のスタッドの負担するせん断力が大きいことがわかる。これは、スタッドをばねにモデル化して弾性合成桁として取り扱っているためであると考えられる。そのため、PCa床版および鋼桁の上下縁の橋軸方向応力分布においても、スタッドのせん断力分布の影響を受けて特に桁端の上縁の応力の値が急激に変化している。しかし、桁端を除く範

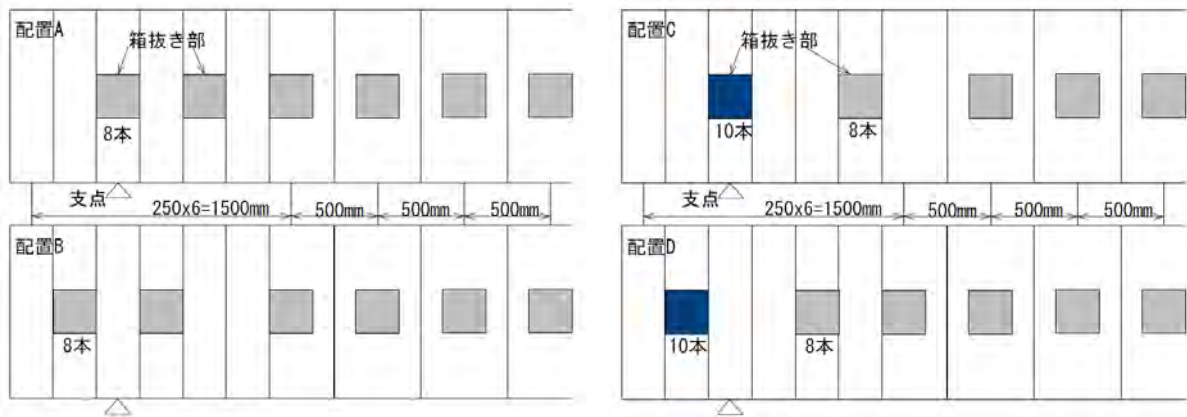


図4 スタッド配置のための箱抜き部配置のイメージ

囲では、PCa 床版および鋼桁の上下縁の橋軸方向応力分布の計算値は理論値にはほぼ一致している。

温度差の作用による各部の応答は、乾燥収縮による応答とほぼ同様の傾向を、活荷重の作用による各部の応答は合成後死荷重による応答と同様の傾向を示しているの
で、ここではそれらの結果の比較は省略する。

4. スタッドの水平せん断力応答

(1) 解析条件

解析対象とした図-1の連続合成桁の解析モデルにおける乾燥収縮、温度差、合成後死荷重、活荷重のそれぞれの作用によるスタッドの水平せん断力分布を以下に示す。合成後死荷重の荷重強度は 22kN/m の等分布とし、活荷重としてはB活荷重を考慮し、連続桁の左端付近のスタッドのせん断力に着目していることから、活荷重は左支間のみに載荷し、荷重強度の高い部分を左側に寄せて載荷している。ただし、張出部には活荷重を載荷していない。コンクリートの圧縮強度は 50N/mm^2 、引張強度は 5N/mm^2 とした。また、乾燥収縮を考慮する場合のコンクリートの最終収縮度は 200×10^{-6} とした。PCa床版と鋼桁の間の温度差は 10°C とし、 120×10^{-6} のひずみを床版に与えた。また、乾燥収縮の解析の場合には、乾燥収縮に伴うクリープの影響を考慮して圧縮側および引張側ともコンクリートの弾性係数を $1.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ とし、他の作用を考慮する場合には、圧縮側および引張側ともコンクリートの弾性係数を $3.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ とした。ただし、仮定しているコンクリートの応力-ひずみ関係に従い、圧縮側の弾性係数は初期接線の値であり、ひずみの増加とともに非線形の応力-ひずみ関係を示す。また、引張側では引張強度に達して以降は負勾配を持つものとしているが、本検討の範囲では引張側の応力は引張強度に達していない。

ここでは、桁端のスタッド配置を図-4 のように変え

て乾燥収縮、温度差、合成後死荷重および活荷重による桁端のスタッドが伝達するせん断力を確認した。配置 A および配置 B では、1 箇所当たりのスタッドの配置本数を 8 本とし、図中のグレーのハッチが付いている部分にスタッドをグループ配置している。一方、配置 C および配置 D では、配置 A および配置 B よりも桁端部での箱抜き部の配置間隔を幾分広くしている。ただし、ブルーのハッチが付いている桁端側の箱抜き部には 1 箇所当たりスタッド 10 本を配置するものとした。なお、本解析モデルの上フランジ幅は図-1 に示すように 700mm 程度を仮定しているため、軸径 22mm のスタッド 10 本を 2 列で配置できると考えられる。

(2) 解析結果

図-5 から図-8 には、乾燥収縮、温度差、合成後死荷重および活荷重がそれぞれ単独に作用した場合のスタッドの橋軸方向せん断力分布を示している。ここでは、桁端部以外では 500mm 間隔でスタッドを配置し、桁端部では図-4 に示すようなパターンでスタッドを配置している。

各図において、縦軸はスタッド配置の 1 箇所当たりのせん断力をスタッド本数で除したスタッド 1 本当たりのせん断力を、横軸は橋軸方向位置である。図中の赤マークは桁端部のスタッド配置を配置 A あるいは配置 C のパターンとした場合、青マークは配置 B あるいは配置 D のパターンとした場合である。なお、乾燥収縮、温度差および合成後死荷重の作用によって生じる橋軸方向のせん断力分布は左右対称である。また、活荷重の作用によって生じるスタッドのせん断力は左端付近で大きくなるように B 活荷重を載荷している。そこで、各図においては、全長の左側 1/2 部分程度のせん断力分布を示している。

図-5 および図-6 に示す乾燥収縮および温度差によるスタッドのせん断力は桁端に向かって大きくなり、桁端のスタッドが伝達するせん断力が最も大きい。また、図

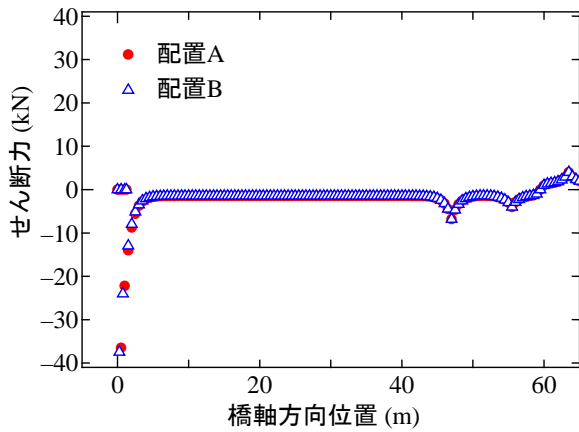


図-5(a) 配置AおよびBのせん断力分布

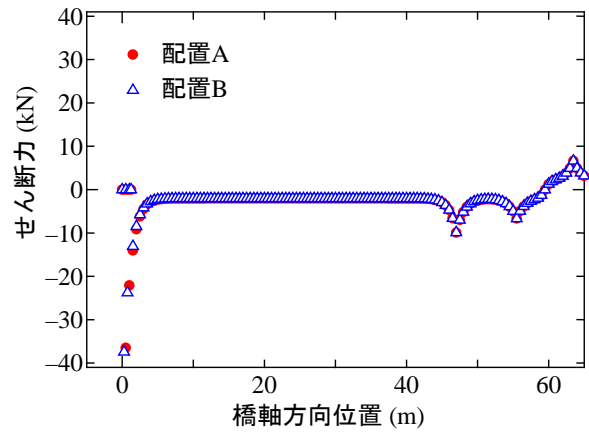


図-6(a) 配置AおよびBのせん断力分布

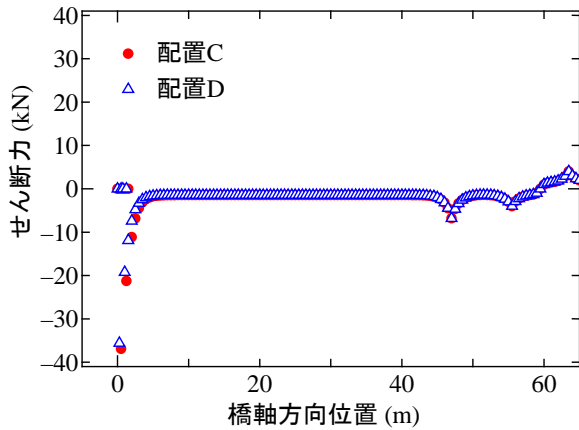


図-5(b) 配置CおよびDのせん断力分布

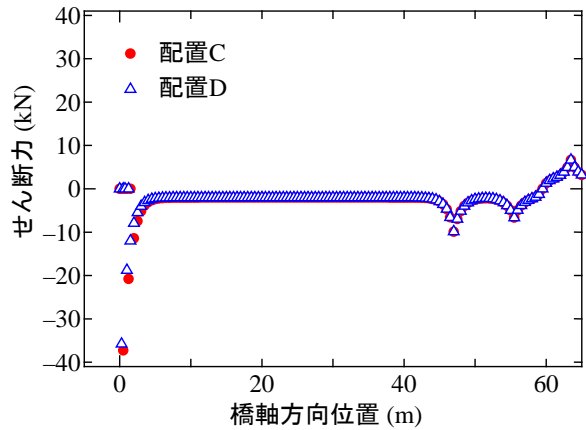


図-6(b) 配置CおよびDのせん断力分布

図-5 乾燥収縮によるスタッドのせん断力分布

図-6 温度差によるスタッドのせん断力分布

の桁端付近でせん断力がゼロとなっているところがあるが、これは、剛体ばねモデル解析において、節点は設けているがスタッドを配置していない位置がわかるようにゼロのせん断力を示しているからである。図の右方の中間支点付近でせん断力分布が幾分脈動しているのは、鋼桁断面が変断面となっているためである。なお、スタッドの配置を変えたことによるスタッドのせん断力分布には大きい差異は見られず、桁端付近の最大せん断力は36~37kN程度である。

一方、合成後死荷重および活荷重によるスタッドのせん断力分布を図-7 および図-8 に示しているが、この場合もスタッドの配置パターンの違いによるせん断力分布の差異はあまり大きくない。合成後死荷重による桁端付近のスタッドの最大せん断力は10kN程度であり、活荷重による桁端付近のスタッドの最大せん断力は20kN程度となり、乾燥収縮および温度差による最大せん断力より小さい。ただし、いずれのスタッド配置パターンにおいても桁端側に配置したスタッドのせん断力は隣接する支間側のスタッドのせん断力よりも小さくなっている。これは、ずれ止めをばねにモデル化して弾性合成桁として解析していることによる挙動であると考えられる。

各作用に対して、スタッドを配置した左端側のスタッドの最大せん断力を表-1に示す。合成後死荷重および活荷重によるせん断力は左端側のスタッドよりもその隣のスタッドのせん断力のほうが大きい。温度差の作用によるせん断力を重ね合わせた場合には、やはり左端のスタッドのせん断力が最も大きくなるため、合成後死荷重および活荷重の場合にも左端のスタッドのせん断力を示している。

この表には、作用の組合せとして一般的に考慮する、乾燥収縮+温度差の合計、および、温度差+合成後死荷重+活荷重の合計のせん断力を示し、さらに、採用したスタッドの諸元により、複合示方書に基づくせん断耐力に対する比も示している。乾燥収縮+温度差の組合せに対しては、いずれのスタッド配置パターンにおいてもせん断耐力(116.9kN)に対する比は0.6以上となり、複合示方書の規定を参考にして、スタッドの使用性の限界値をせん断耐力の1/2とすると、限界値を満足していない。また、温度差+合成後死荷重+活荷重の組合せに対しては、スタッドの配置Aおよび配置Cに対しては、せん断耐力に対する比が0.5を越えており、使用性の限界値を満足していない。なお、乾燥収縮+温度差の組合せの

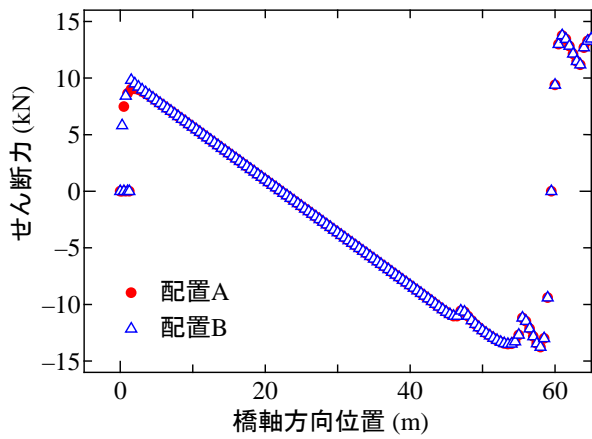


図-7(a) 配置AおよびBのせん断力分布

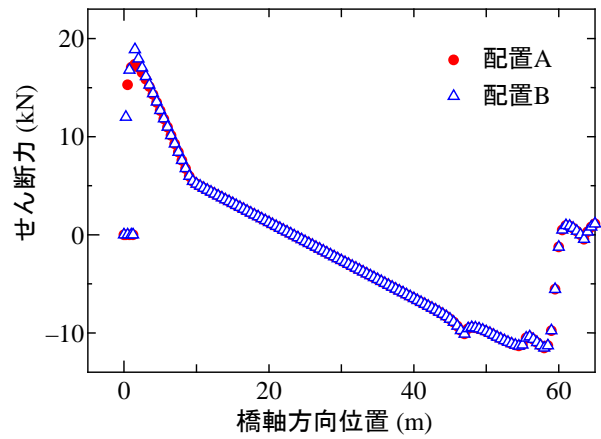


図-8(a) 配置AおよびBのせん断力分布

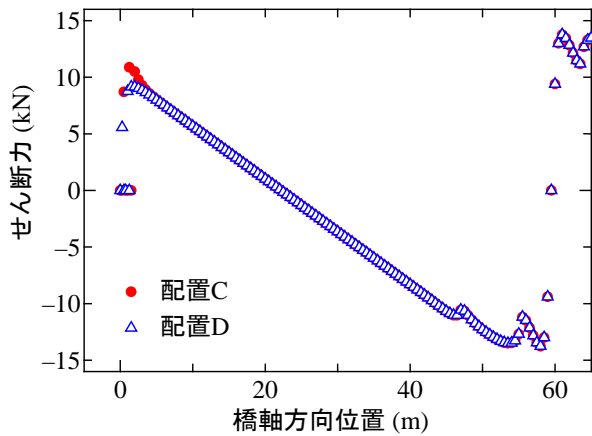


図-7(b) 配置CおよびDのせん断力分布

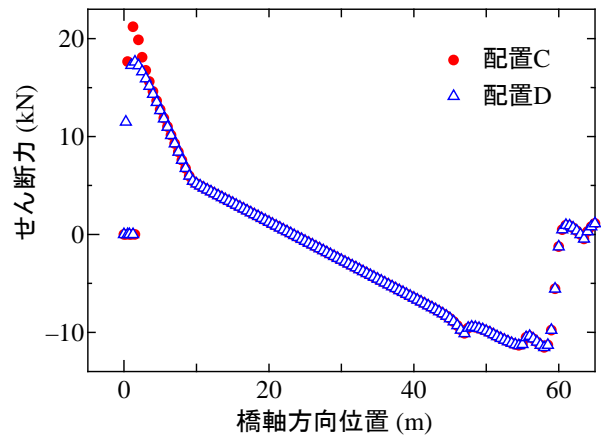


図-8(b) 配置CおよびDのせん断力分布

図-7 合成後死荷重によるスタッドのせん断力分布

図-8 活荷重によるスタッドのせん断力分布

表-1 各作用による左桁端付近スタッド1本当りの最大せん断力 (kN)

作用項目	配置A		配置B		配置C		配置D	
	乾燥収縮 +温度差	温度差+ 後死荷重 +活荷重	乾燥収縮 +温度差	温度差+ 後死荷重 +活荷重	乾燥収縮 +温度差	温度差+ 後死荷重 +活荷重	乾燥収縮 +温度差	温度差+ 後死荷重 +活荷重
乾燥収縮	36.5	--	37.5	--	36.9	--	35.6	--
温度差	36.5	37.0	37.4	37.8	37.3	37.7	35.8	36.2
合成後死荷重	--	7.5	--	5.8	--	8.7	--	5.6
活荷重	--	15.3	--	12.0	--	17.6	--	11.5
せん断力の合計	73.0	59.8	74.9	55.6	74.2	64.0	71.4	53.3
せん断耐力に対する比	0.624	0.512	0.641	0.476	0.635	0.547	0.611	0.456
連続載荷時のせん断力	58.4	53.0	59.6	51.1	60.5	56.2	58.8	49.7
せん断耐力に対する比	0.500	0.453	0.510	0.437	0.518	0.481	0.503	0.425

場合と、温度差+合成後死荷重+活荷重の組合せの場合で、温度差の作用による最大せん断力の値が幾分異なるのは、床版と鋼桁の温度差を逆に考慮するからであり、前者の組合せの場合には床版コンクリートが主に引張応力を受けるのに対して、後者の組合せの場合には床版コンクリートの一部が圧縮応力を受け、非線形の応力-ひずみ関係をたどるからである。また、温度差+合成後死荷重+活荷重の組合せの場合に配置 A および C よりも

配置 B および D の場合のほうがせん断力の合計が小さいのは、配置 B および D の場合のほうが合成後死荷重および活荷重に対して桁端のスタッドが伝達するせん断力が小さくなるからである。

(3) 作用の重ね合わせと連続的に作用を考慮した場合の比較

作用の組合せの合計によるせん断力は、それぞれの作

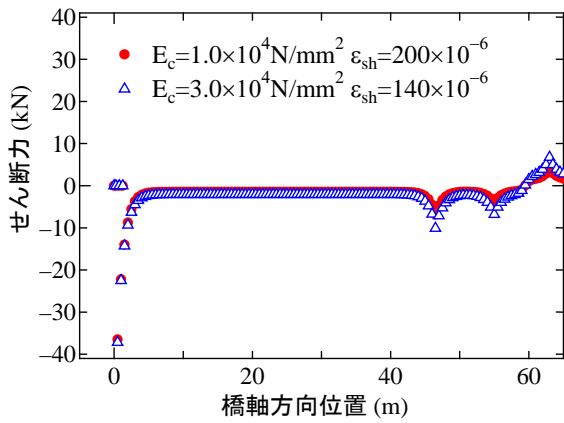


図-9 乾燥収縮によるせん断力分布の比較

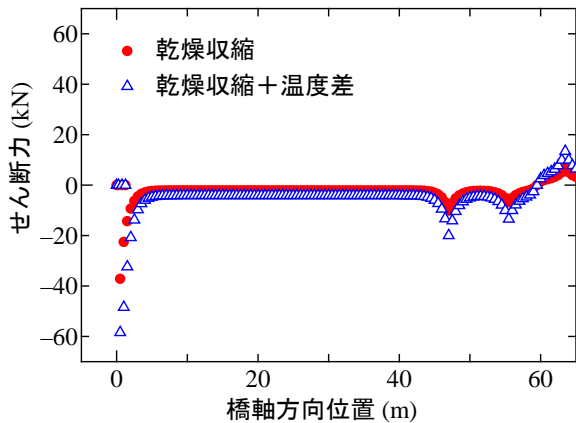


図-10 乾燥収縮と温度差の影響を連続的に考慮した場合のせん断力分布

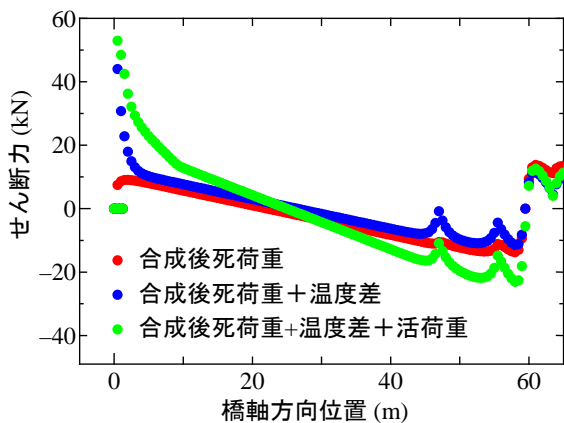


図-11 温度差、合成後死荷重および活荷重を連続的に考慮した場合のせん断力分布

用によるせん断力を重ね合わせて求めている。しかし、実際には各作用はばらばらに合成桁に働くのではなく、連続的に働くはずである。そこで、乾燥収縮と温度差の組合せ、および、温度差、合成後死荷重、活荷重の組合せに従って、それらの作用を連続的に加えた場合のスタッドのせん断力を求めた。ただし、乾燥収縮のみの場合には、コンクリートの初期弾性係数を $1.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ としているのに対して、他の作用の場合には初期弾性係数

を $3.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ としている。しかし、前者の組合せの場合に、コンクリートの弾性係数を途中で変更すると、仮定している応力-ひずみ関係が不適切な履歴をたどる可能性があるため、乾燥収縮の場合にもコンクリートの弾性係数を $3.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ とするが、乾燥収縮の影響のみによるスタッドの桁端の水平せん断力が弾性係数を $1.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ とした場合と同程度の値となるように、コンクリートの最終収縮度を 140×10^{-6} とした。パラメータをこのように設定した場合と初期のパラメータを持つ場合のスタッドのせん断力分布の比較をスタッド配置 A について図-9 に示す。赤マークが弾性係数を $1.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ とした場合、青マークが弾性係数を $3.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ とした場合である。両者のせん断力分布はほぼ同様となるが、弾性係数を $3.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ とした場合の桁端の最大せん断力は 37.2 kN となり、弾性係数を $1.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ とした場合の値 36.5 kN より幾分大きい。

乾燥収縮と温度差の影響を連続して考慮し、スタッドの水平せん断力分布を求めた結果をスタッド配置 A について図-10 に示す。赤マークが乾燥収縮のみを考慮した段階におけるせん断力分布を、青マークが乾燥収縮に加えて温度差の影響を考慮した場合のせん断力分布である。この場合、床版よりも鋼桁の温度が 10°C 高いものとしているが、桁端付近でのせん断力の最大値は 58.4 kN であり、せん断耐力に対する比は 0.50 となった。それぞれの作用を個別に考慮して重ね合わせた場合のせん断力の最大値よりも小さくなったのは、仮定しているスタッドのせん断力-ずれ変位関係において、連続的に考慮した場合には幾分非線形挙動を示したためである。しかし、その際のずれ変位の最大値は 0.19 mm であり、複合示方書⁴⁾に示される使用性に関する除荷前のずれ変位の目安である 0.4 mm よりは十分小さい。その他のスタッド配置パターンについても同様の計算を行い、最大せん断力を求めたところ、表-1 に示すように、せん断耐力に対する比は配置 B では 0.51 、配置 C では 0.518 、配置 D では 0.503 となった。

一方、温度差、合成後死荷重および活荷重の作用を連続して考慮した場合のスタッドの水平せん断力分布を求めた結果をスタッド配置 A について図-11 に示す。この場合には、床版が鋼桁よりも 10°C 高いものとし、作用は合成後死荷重、温度差、活荷重の順番に考慮した。赤マークは合成後死荷重のみを考慮した段階のせん断力分布、青マークは合成後死荷重に加えて温度差の影響を考慮した段階のせん断力分布、緑マークはさらに活荷重を考慮した段階のせん断力分布である。この図から、桁端付近での最終的なせん断力の最大値は 53.0 kN であり、せん断耐力に対する比は 0.453 である。その他のスタッド配置パターンについても同様の計算を行い、最大せん断力を

求めたところ、同様に表-1に示すように、せん断耐力に対する比は配置Bでは0.437, 配置Cでは0.482, 配置Dでは0.426となり、いずれも重ね合わせの場合よりも最大せん断力は減少した。

5. まとめ

本検討では、既設鋼桁のRC床版取替えに際して、桁端部にもPCa床版を用いることを意図して、桁端部におけるスタッド配置パターンをいくつか仮定し、乾燥収縮や温度差などの設計上の作用により生じるスタッドのせん断力応答を求めた。スタッドのせん断力応答を求めるに際しては、弾性合成桁の考え方に基づいて合成桁をモデル化した剛体ばねモデルによる数値解析を用いている。

その結果、乾燥収縮および温度差の作用によるスタッドのせん断力は桁端部のスタッドで非常に大きくなり、両者を重ね合わせた場合、使用性の限界値を満足しないスタッド配置になっている。しかし、乾燥収縮と温度差の影響を連続的に作用させた場合には、スタッドに生じる最大せん断力は使用性の限界値をわずかに上回る程度になった。乾燥収縮の影響は建設時の比較的初期のみスタッドにせん断力を生じさせる作用であり、また、PCa床版を用いる場合、工場などで製作後、現場に設置するまでの期間があることから、この程度の使用性の限界値の超過は許容される可能性があると考えられる。

一方、合成後死荷重および活荷重の作用によるスタッドのせん断力は桁端に隣接するスタッドのせん断力よりも桁端のスタッドのせん断力は減少する挙動が認められ

た。そして、温度差、合成後死荷重および活荷重の作用を重ね合わせた場合、使用性の限界値を満足しないスタッド配置の場合に対しても、これらの作用を連続的に考慮した場合には、使用性の限界値を満足することを確認した。

このようなスタッド配置に対するせん断力応答に関する知見は、桁端にPCa床版ではなく、場所打ちRC床版を用いる場合にも、桁端におけるスタッド配置本数を低減するための参考になると考えられる。

ここでは、桁端付近を除く範囲には、スタッド配置のための箱抜き部は500mm間隔とし、それぞれにスタッド8本を配置しているが、支間中央部においては、もちろん、スタッド本数を減らすことができると考えられる。

参考文献

- 1) プレストレストコンクリート工学会：プレキャストPC床版による道路橋更新設計施工要領，2018。
- 2) 土木学会複合構造委員会：連続合成桁橋における床版取替え技術の現状と課題，複合構造レポート17，2021。
- 3) 中島章典・柳沼大介・乾真之介・NGUYEN Minh Hai・藤倉修一：プレキャスト床版を有する非合成桁のずれ止め配置に関する研究，土木学会論文集A1（構造・地震工学），77巻2号pp.319-332，2021。
- 4) 土木学会複合構造委員会：複合構造標準示方書（2014年制定），2015。
- 5) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，II鋼橋・鋼部材編，2017。

(Received August 25, 2023)

STUDY ON STUD ARRANGEMENT AT ENDS OF COMPOSITE GIRDER USING PRECAST CONCRETE SLAB

Akinori NAKAJIMA, Tadatomo WATANABE, Hidehiro KYODA
and Junichi SAKAGUCHI

In this study, several stud arrangement patterns at the girder ends were assumed, and the shear force responses of the studs caused by the design action such as drying shrinkage and temperature differences were obtained. The shear response of the studs was calculated using the rigid-body-spring model analysis.

As a result, the shear forces of the studs due to the effects of drying shrinkage and temperature difference are very large at the girder ends, and superposed shear force does not satisfy the serviceability limit condition. However, when those actions are applied continuously for those stud arrangement patterns at the girder ends, the maximum shear force of the studs is considered to be acceptable for the serviceability limit condition.