

# 接合部のシアキーとスターラップによる棒部材の補強効果に関する解析的検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○大野又稔 中田裕喜 渡辺健 田所敏彰

## 1. はじめに

複数のプレキャスト RC 部材を軸方向に配置して一体化した棒部材では、荷重により接合面のひび割れと軸方向鉄筋に沿ったひび割れが生じて荷重が低下することが報告されている<sup>1)</sup>。この場合、図1のように、接合面にシアキーを設けることで、接合面のずれを抑制し、耐力の低下を抑制できる可能性がある。一方で、シアキー本体の支圧破壊およびシアキー隅角部からのひび割れ等の損傷が考えられる<sup>2)</sup>。

本研究では、シアキーを含む接合部がせん断耐力へ及ぼす影響を定量的に把握することを目的とした。具体的には、両端固定支持のプレキャスト梁の荷重実験を参考に、インターフェイス要素（以下、IF要素）を活用した、有限要素解析による接合部のモデル化方法を提案した。そして、接合部のスターラップの太径化による補強効果を評価した。

## 2. 有限要素解析による接合部のモデル化の提案

図1および表1に、対象としたプレキャスト梁の

供試体概要を示す。DB604-20S は、端面にシアキーを設けた左右のコンクリートを打込みし、脱型後に中央のコンクリートを打込みし製作した。軸方向鉄筋は継手を設けずに連続とした。端面は、目荒し処理を行わず、平滑とした。すなわち、接合部における継手や端面処理の影響を排除し、接合面の圧縮応力に比例して増加する摩擦、ひび割れ開口時に骨材の噛みあい等で生じるせん断摩擦、軸方向鉄筋のダウエル作用、シアキーの影響のみを評価したものである。

二次元有限要素解析プログラムとして DIANA (Ver.10.5) を使用した。図2および表2に、DB604-20S の解析モデルおよび入力情報を示す。曲げとせん断の割合に応じた接合面の摩擦とせん断摩擦を表現するため、既往の研究<sup>1)</sup>を参考に、接合面の IF 要素にはクローン摩擦モデルとせん断剛性保持モデルを採用した。また、ダウエル作用を表現するため、軸方向鉄筋はせん断力を考慮できるビーム要素でモデル化した。特に、コンクリートとの付着および離散ひび

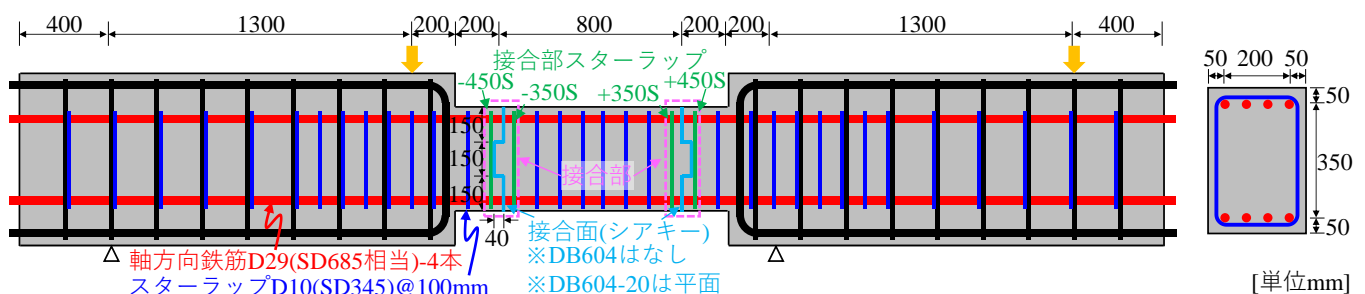


図1 プレキャスト梁の供試体概要(DB604-20Sの例)

表1 供試体ケース

ケース名	$f_c$ [N/mm <sup>2</sup> ] -左右/中央-	$f_{sy}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{wy}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	備考
DB604	27.8	758	390	一体打ち
DB604-20	30.8 / 26.2	716	364	シアキーなし
DB604-20S	32.9 / 33.6	883	385	シアキーあり

$f_c$ : コンクリートの圧縮強度  
 $f_{sy}$ : 軸方向鉄筋の降伏強度  
 $f_{wy}$ : スターラップの降伏強度

表2 インターフェイス要素の入力概要

接合面	クローン摩擦モデル		せん断剛性保持モデル	
	300mm			
パラメータ	$c=0$ N/mm <sup>2</sup> , $\phi=5.1^\circ$ $f_t=0$ N/mm <sup>2</sup>		$G_1=400$ N/mm <sup>3</sup> $G_2=10$ N/mm <sup>3</sup>	
鉄筋周囲	鉄筋付着 (軸方向鉄筋)	離散ひび割れ	平面保持	鉄筋付着 (スターラップ)
軸方向(正負)	島モデル×04	剛(※法線 ひび割れ(後ゼロ))	剛	島モデル×04
法線方向(圧縮)	剛	剛	軟	剛
法線方向(引張)	剛	0.1f	軟	剛
要素幅	鉄筋周長 ×1/2×本数	300mm	300mm	鉄筋周長 ×本数

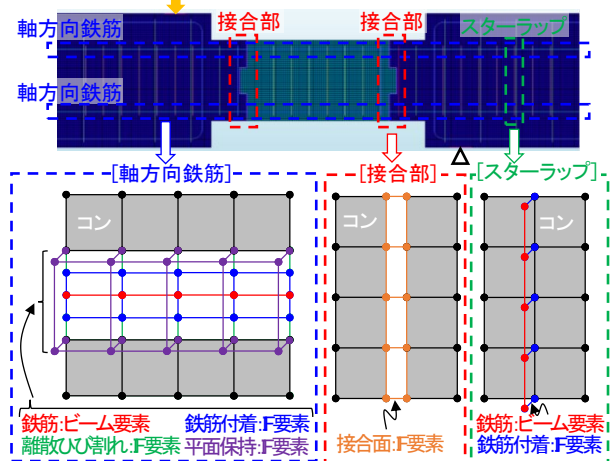


図2 解析モデル概要 (DB604-20S)

キーワード プレキャスト梁, シアキー, 有限要素解析, 両端固定支持

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7281

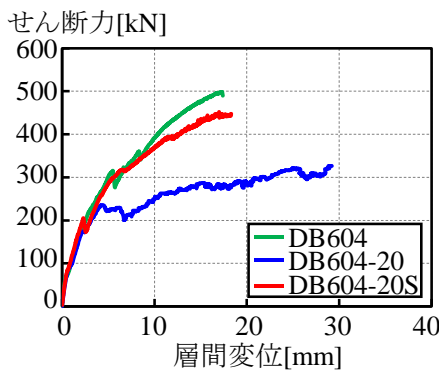


図3 荷重-変位関係

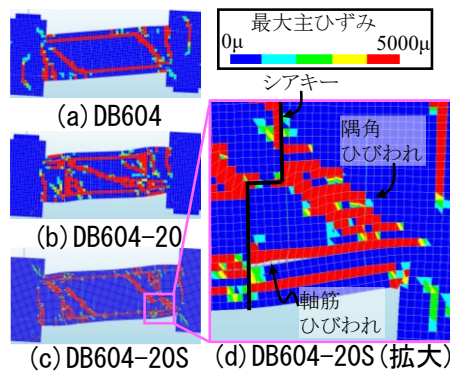


図4 最大主ひずみ分布

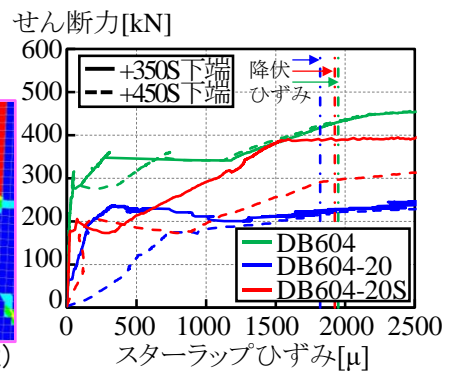


図5 接合部スターラップひずみ

割れの影響を2層のIF要素で、平面保持をオーバーラップのIF要素でモデル化した点に特徴がある。なお、本研究では、シアキーの影響を明確化するため、接合面のずれが生じやすい条件で検討した。

### 3. 提案モデルの検証と補強効果の評価

図3および図4に、荷重-変位関係および層間変位15mmでの最大主ひずみ分布を示す。提案モデルにより、DB604におけるディープビームの逆対称曲げによる軸方向鉄筋に沿ったひび割れ、DB604-20における接合面および軸方向鉄筋に沿ったひび割れを表現できた。また、DB604-20Sでは、接合面および軸方向鉄筋に沿ったひび割れとシアキー隅角部からのひび割れ(以下、隅角ひび割れ)といった、シアキーを含む接合部特有のひび割れを表現できた。DB604-20は軸方向鉄筋に沿ったひび割れにより、DB604よりも剛性とせん断力の最大値(以下、最大せん断力)が低下した。また、DB604-20Sでは、シアキーを含む接合部により剛性と最大せん断力の低下を抑制できているが、DB604よりも低い最大せん断力となった。

図5に、接合部スターラップ+350S、+450S(図1参照)の下端のひずみ変化を示す。DB604-20では、接合部の軸方向鉄筋のダウエル作用により接合面外側(+450S)のひずみが先行して増加し、降伏に至った。一方、DB604-20Sでは、シアキーにより接合面のずれが抑制され、DB604-20よりも+450Sのひずみ増加が抑制された。その後、隅角ひび割れにより+450Sのひずみが増加し、降伏に至った。すなわち、DB604-20Sの接合部スターラップの内、特に+450Sを太径化することにより、DB604と同等の最大せん断力となる補強が可能と考えられる。

図6および図7に、+350S、+450SをD13、D19に太径化したケースの、荷重-変位関係、およびDB604の最大せん断力  $V_{max0}$  に対する最大せん断力  $V_{max}$  の

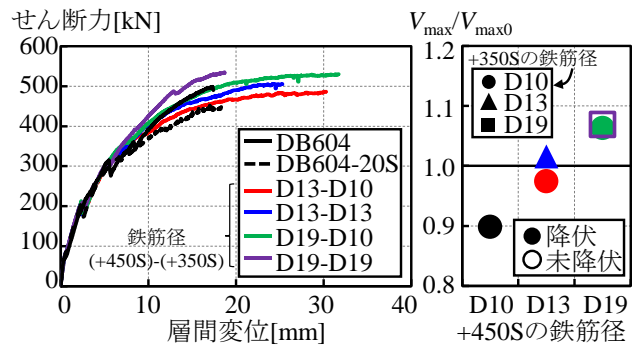


図6 荷重-変位関係

図7 最大せん断力比

比  $V_{max}/V_{max0}$  を示す。また、最大せん断力での+450Sの降伏状況も併せて示す。太径化により、せん断補強鉄筋量が増加するため、 $V_{max}$  の増加には斜めひび割れが抑制された効果も含まれる。しかし、+450Sの太径化により、特にシアキーを含む接合部特有のひび割れが抑制され、+350S、+450Sが降伏に至らず、DB604と同等の最大せん断力となったと考えられる。

### 4. まとめ

接合部にシアキーとスターラップを設けた棒部材について、シアキーを含む接合部特有のひび割れを表現できる有限要素モデルを提案した。また、接合部スターラップの隅角ひび割れの抑制効果を把握し、これを太径化することでひび割れ抑制と最大せん断力の増加に大きく寄与することを定量的に示した。

なお、本研究の一部は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

### 参考文献

- 1)大野又稔, 中田裕喜, 渡辺健, 田所敏弥:プレキャストコンクリート構造のせん断伝達メカニズムとスターラップによる補強効果の解析的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.2, 2022
- 2)接合部を有するプレキャスト・プレストレストコンクリート構造の設計法研究委員会:接合部を有するプレキャスト・プレストレストコンクリート構造の設計法研究委員会報告書, 公益社団法人日本コンクリート工学会, 2021