

せん断スパン比が異なる単純支持 RC はりのせん断耐荷機構に及ぼす接合面の影響

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○西尾 悠吾, 中田 裕喜, 渡辺 健, 田所 敏弥

1. はじめに

プレキャスト構造の鉄筋コンクリート(以下, RC)構造物では, 接合面がせん断耐荷機構やせん断耐力等に影響を及ぼすが, その影響度は接合面の配置位置, せん断スパン比, 支持条件などにより定められる, 接合面に作用する応力状態に依存すると考えられる. 本研究は, この影響について, せん断スパン比を変数とした単純支持 RC はりに対する荷重実験を行い, 接合面近傍に生じる変位に着目することで実験的に評価した.

2. 実験概要

表-1 および図-1 に供試体諸元を, 表-2 に材料試験結果を示す. 供試体は一体打ち, あるいは 20mm 幅のモルタル目地(以下, 接合面)をせん断スパン中央に設けた, 計4体とした. せん断スパン比 a/d は 3.0 および 1.5 であり, 接合面に作用する応力やその方向が異なる供試体を意図したものである. なお, SB15-02 は, 既往の実験結果¹⁾を用いた. また, SB30-02-60, SB15-02-30 については, 接合面に接するコンクリートの端面が十分に平滑となるように製作した.

せん断補強鉄筋として, D6 を 100mm の間隔でせん断スパンに配置し, せん断補強鉄筋比 p_w は 0.21% とした. 軸方向鉄筋として, 圧縮側に D16 を 2 本, 引張側に D29 を 4 本配置し, 引張鉄筋比 p_t は 2.14% とした.

荷重方法は, 図-1 に示すように, 一方向 4 点曲げ荷重とした. 支点と荷重点には, 幅 r が 120mm の鋼板を供試体奥行方向全面に設置し, さらに回転および水平移動が可能な支承を設置した.

3. 実験結果

図-2 に, せん断力 V が最大値 V_{uexp} に達した直後の, 各供試体の破壊が卓越して発生した片側スパンのひび割れ発生状況を示す. いずれの供試体も, 実験終了まで引張鉄筋の降伏, および等曲げ区間における上縁コンクリートの曲げ圧壊は確認されなかった. SB30-02 では, $V=145\text{kN}$ で発生した斜めひび割れが, $V=276\text{kN}$ で荷重点に達してせん断力が低下した. SB30-02-60 では, $V=80\text{kN}$ で接合面から軸方向鉄筋に沿う水平ひび割れ

表-1 供試体ケース一覧

供試体	a/d	せん断補強鉄筋	接合面の配置位置
SB30-02	3.0	D6@100mm ($p_w=0.21\%$)	なし
SB30-02-60	3.0		せん断スパン中央
SB15-02	1.5		なし
SB15-02-30	1.5		せん断スパン中央

接合面の配置位置 (荷重点中心からの距離)
せん断補強鉄筋比 ($p_w=0.21\%$)
せん断スパン比 ($a/d=3.0, 1.5$)
単純支持はり (Simple-supported beam)

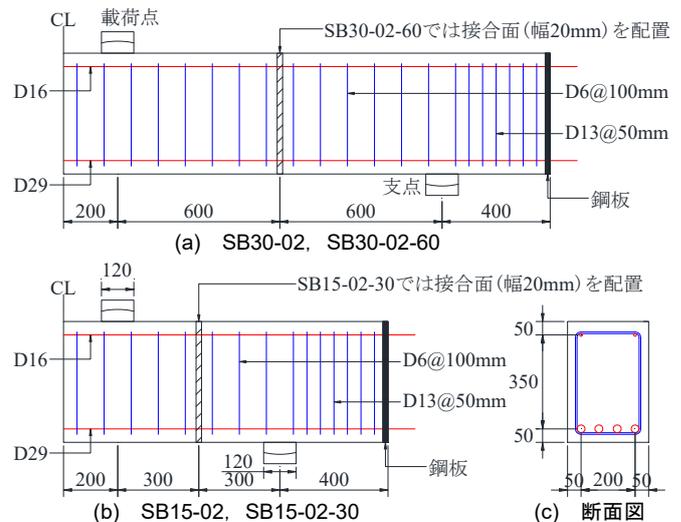
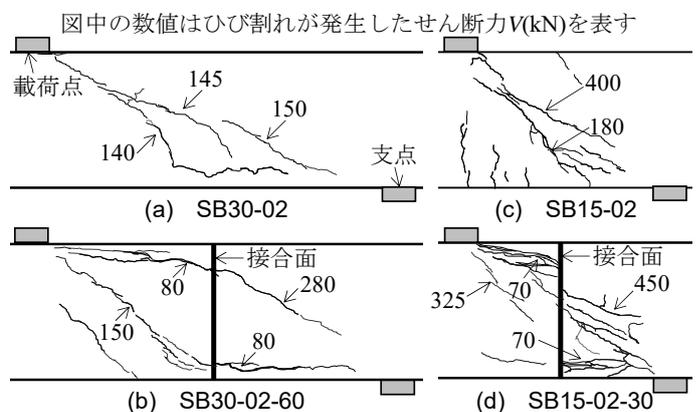


図-1 供試体詳細図 (単位: mm)

表-2 材料試験結果および実験結果

供試体	コンクリート		鉄筋降伏強度		実験結果	
	打設箇所	圧縮強度 (N/mm^2)	D6 (N/mm^2)	D29 (N/mm^2)	V_{uexp} (kN)	計算値 (kN)
SB30-02	—	29.4	439	716	276	243*
SB30-02-60	左右	29.0	439	716	284	245*
	中央	32.5				
SB15-02 ¹⁾	—	22.5	370	458	464	451**
SB15-02-30	左右	32.0	439	716	480	595**
	中央	34.4				

*: V_c ²⁾ と V_s ³⁾ の和 **: 文献¹⁾に倣い算出図-2 V_{uexp} 直後のひび割れ状況

キーワード: プレキャスト, 接合面, せん断スパン比, せん断耐荷機構, せん断耐力, 単純支持 RC はり
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 TEL042-573-7281

が、 $V=150\text{kN}$, 280kN で斜めひび割れが発生し、 $V=284\text{kN}$ で水平ひび割れが載荷点まで達してせん断力が低下した。SB15-02 では、 $V=180\text{kN}$ で発生した斜めひび割れが $V=464\text{kN}$ で載荷点に達するとともに、せん断スパンでコンクリートが圧壊し、せん断力が低下した。SB15-02-30 では、 $V=70\text{kN}$ で SB30-02-60 と同様な水平ひび割れが発生し、 $V=418\text{kN}$ で載荷点に達してせん断力が低下した。載荷を続けると、せん断力は増加したが、 $V=480\text{kN}$ で接合面と支点の間でコンクリートが圧壊してせん断力が再び低下した。

図-3 に、せん断力 V と支間中央のたわみ δ の関係を示す。また、図-4 に、図-1 に示した接合面位置において、き裂変位計で計測した接合面周辺のズレ変位、引張鉄筋に沿ったひび割れ幅を示す。なお、いずれも測定できた範囲の結果を示している。SB30-02-60, SB15-02-30 は同一の a/d である SB30-02, SB15-02 と比較して、剛性およびせん断補強鉄筋の初降伏時のせん断力は小さくなった。これは、接合面のズレによって軸方向鉄筋がかぶりを押し出そうとすること、および $V=70\sim 80\text{kN}$ での水平ひび割れの発生によりコンクリートの引張抵抗力が低下することで、接合部周辺のせん断補強鉄筋に作用する引張力が大きくなったためと考えられる。また、接合面のズレ変位や引張鉄筋に沿ったひび割れ幅が急増するときのせん断力は、SB30-02-60 と SB15-02-30 で概ね同等であるが、その後の増加割合は、SB30-02-60 の方が大きい結果となった。

図-5 に、 $V=V_{uexp}$ 時の引張鉄筋の軸ひずみ分布を示す。SB30-02, SB15-02 では支間中央から支点にかけてひずみが減少しているのに対し、SB30-02-60 では支点部付近のひずみが大きく、SB15-02-30 では接合面位置のひずみが局所的に大きい不連続な分布となった。引張鉄筋の軸ひずみ分布は RC はりのせん断耐荷機構と関連するが、接合面のズレ変位や水平ひび割れの発生によって引張鉄筋の軸ひずみ分布が変化し、接合面が無い場合と異なるせん断耐荷機構を示したと考えられる。なお、引張鉄筋の軸ひずみ分布の勾配が小さくなると、アーチ機構による貢献が大きくなる。SB30-02-60 および SB15-02-30 において、 $V=150\text{kN}$ 程度以降で剛性が増加する傾向があるが、これは、このアーチ機構の貢献が徐々に増加したと関連があると考えられる。

表-2 に、各供試体の V_{uexp} とせん断耐力の計算値を示す。SB30-02, SB30-02-60, SB15-02 の V_{uexp} は計算値

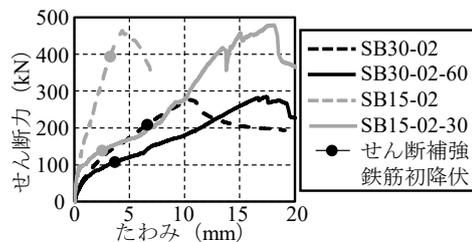


図-3 せん断力と支間中央のたわみの関係

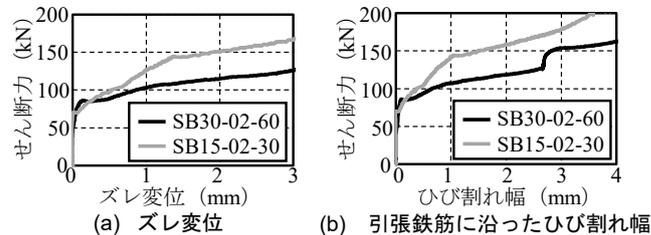


図-4 せん断力と接合面周辺の挙動の関係

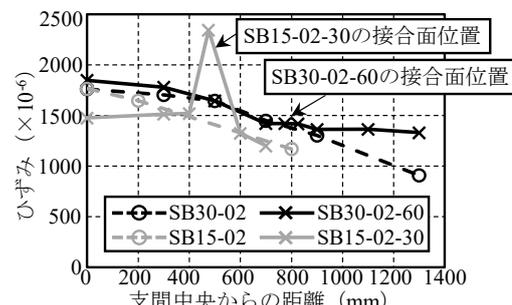


図-5 引張鉄筋の軸ひずみ分布 ($V=V_{uexp}$ 時)

と概ね同等であるが、SB15-02-30 では、計算値より小さい。これは、SB15-02-30 は水平ひび割れやズレ変位等により、圧壊するコンクリートの領域が狭まり、応力が集中して損傷が早まったためと考えられる。なお、SB30-02-60 は SB30-02 と耐荷機構が異なるため、せん断耐力の評価は更なる検討が必要である。

4. おわりに

単純支持 RC はりでは、せん断スパン中央に接合面を配置することで、水平ひび割れおよび接合面のズレが発生し、剛性の低下や、アーチ機構の貢献度増加が確認された。また、 $a/d=1.5$ では、これらのひび割れが、最終的に圧壊するコンクリートの領域寸法や損傷過程に影響することで、耐力が計算値より小さくなった。

本研究は、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)谷村幸裕, 佐藤勉, 渡邊忠朋, 松岡茂：スターラップを有するディープビームのせん断耐力に関する研究, 土木学会論文集, No.760/V-63, pp.29-44, 2004.5. 2)二羽淳一郎, 山田一字, 横沢和夫, 岡村甫：せん断補強鉄筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, No.372/V-5, pp.167-176, 1986.8. 3)土木学会：2017年制定 コンクリート標準示方書 (設計編), 2018.3.