

有限要素解析に基づくプレキャスト梁の補強鉄筋によるせん断伝達と損傷に関する一考察

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○山上晶子 中田裕喜 渡辺健

1. はじめに

プレキャスト構造では接合面がせん断伝達耐力等に影響を及ぼすが、接合面のせん断伝達の検討に用いられるせん断伝達耐力式はマッシュパなコンクリートを前提としており、棒部材への適用は想定されていない。また、棒部材においては、接合面近傍のせん断補強鉄筋が接合面のずれを拘束し、軸方向鉄筋に沿うひび割れの進展やせん断耐力等の低下を抑制できると考えられる。本研究では、せん断力のみを受ける接合面に対し、せん断補強鉄筋の配置方法と部材の損傷の関係を把握することを目的とし、二次元非線形有限要素解析を行った。

2. 解析概要

図-1、表-1 および表-2 に、解析モデル概要、入力情報および解析ケースと材料諸元を示す。なお、二次元要素解析プログラムは Diana(Ver10.5)を使用した。大西らの研究¹⁾の再現解析を行った上で、載荷板がかぶりコンクリート面から試験体の上下面に設置するように変え、ひび割れの進展に対する載荷板の拘束を抑制した。また、対象としているラーメン高架橋の横梁と比べて試験体の引張鉄筋比 p_c が小さいため、解析モデルの軸方向鉄筋径を D25 に太径化し、 $p_c=1.0\%$ とした。

筆者らの研究²⁾を参考に、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。また、軸方向鉄筋に沿ったひび割れを再現するために、コンクリートとの付着および離散ひび割れの影響を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。本研究では、接合面近傍のせん断補強鉄筋が接合面変位を拘束する影響を明確にするため、接合面に摩擦力が生じない条件で検討した。解析ケースは、せん断補強鉄筋径と接合面-せん断補強鉄筋間の距離をパラメータとした。

3. 解析結果

図-2 に、載荷位置で計測した水平変位 δ が 10mm に達するまでの最大せん断力 V_{max} における最大主ひずみを示す。全ての解析モデルにおいて、接合面を有する棒部材特有の軸方向鉄筋に沿ったひび割れが発生した。

図-3 に、せん断力と水平変位の関係を示す。

D13_30 は、 $V=150\text{kN}$ 付近で剛性が低下し、 $V=202\text{kN}$ で軸方向鉄筋が降伏してさらに剛性が低下した。その後、せん断力は緩やかに増加し $V_{max}=238\text{kN}$ となった。 V_{max} 時まで軸方向鉄筋の降伏は接合面付近に限定されるが、接合面近傍のせん断補強鉄筋の降伏は中央部まで伸展することを確認した。そのため、せん断補強鉄筋

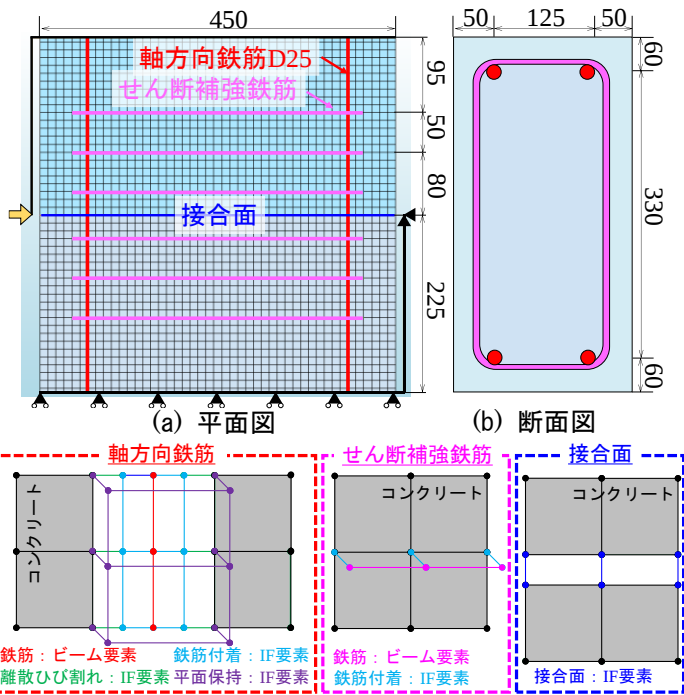


図-1 解析モデル概要

表-1 解析モデル入力情報

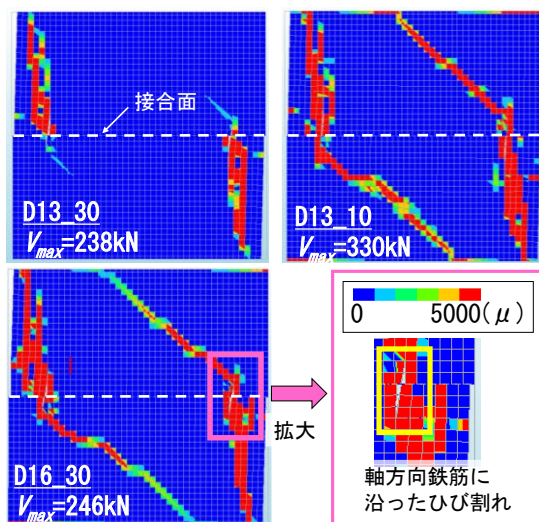
鉄筋周囲	軸方向鉄筋			せん断補強鉄筋
	鉄筋付着	離散ひび割れ	平面保持	鉄筋付着
軸方向	島モデル×0.4	剛 法線ひび割れ後:0	剛	島モデル×0.4
法線方向(圧縮)	剛	剛	軟	剛
法線方向(引張)	剛	$1.0f_t$	軟	剛
要素幅	鉄筋周長 ×1/2×本数	225mm	225mm	鉄筋周長×本数

表-2 解析ケースと材料諸元

	せん断補強鉄筋	接合面-せん断補強鉄筋距離	コンクリート	軸方向鉄筋	せん断補強鉄筋
			圧縮強度 弾性係数	降伏強度 弾性係数	降伏強度 弾性係数
D13_30	D13	30mm	26.5N/mm ²	345N/mm ²	385.1N/mm ²
D13_10	D13	10mm			191kN/mm ²
D16_30	D16	30mm	20.8kN/mm ²	200kN/mm ²	382.2N/mm ² 176kN/mm ²

キーワード 接合面, せん断補強鉄筋, プレキャスト, せん断伝達, 有限要素解析

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-2 V_{max} 時の最大主ひずみ分布

の降伏により荷重が低下したと考えられる。

D13_10 は、 $V=200\text{kN}$ 付近で剛性が低下した。 $V=287\text{kN}$ で軸方向鉄筋が降伏し、さらに剛性が低下した。その後、せん断力は増加し $V_{max}=330\text{kN}$ となった。 D13_30 と同様に、せん断補強鉄筋の降伏により荷重が低下したと考えられる。

D16_30 は、 $V=150\text{kN}$ 付近で剛性が低下した。 $V=234\text{kN}$ で軸方向鉄筋が降伏し、さらに剛性が低下した。その後、 $\delta=10\text{mm}$ の時に $V_{max}=246\text{kN}$ となった。 $\delta=10\text{mm}$ まで荷重が増加し、せん断補強鉄筋の降伏もわずかであることから、破壊には至っていないと考えられる。

また、D13_10 の V_{max} はせん断伝達耐力 V_{cwd} を 1.08 倍上回るが、D13_30 および D16_30 の V_{max} は V_{cwd} を 0.78 倍および 0.80 倍下回った。

図-4 に、せん断力と軸方向鉄筋に沿ったひび割れ幅 ω_L の関係を示す。 D13_10 では、D13_30 に比べて ω_L の増加割合は抑制されたが、D16_30 では、D13_30 と概ね同じ傾向となった。これは、せん断補強鉄筋を接合面に近づけたことにより接合面のずれが拘束されるが、接合面とせん断補強鉄筋が離れているとせん断補強鉄筋の太径化による接合面の拘束効果は十分に発揮されなかったためと考えられる。一方、D13_30 および D16_30 では $V=150\text{kN}$ 付近で ω_L の増加割合が高くなり、D13_10 も V_{max} が V_{cwd} を上回っているにもかかわらず $V=200\text{kN}$ 付近で、同様の傾向を示した。図-3 および図-4 より、 ω_L の増加割合が高くなったことにより、解析モデルの剛性が低下したと考えられる。 V_{cwd} の算定式は、マッシュプなコンクリートを想定しており、一方、軸方向鉄筋に沿ったひび割れの発生は考慮されていない。軸方向鉄筋に沿ったひび割れにより剛性が低下するため、限界

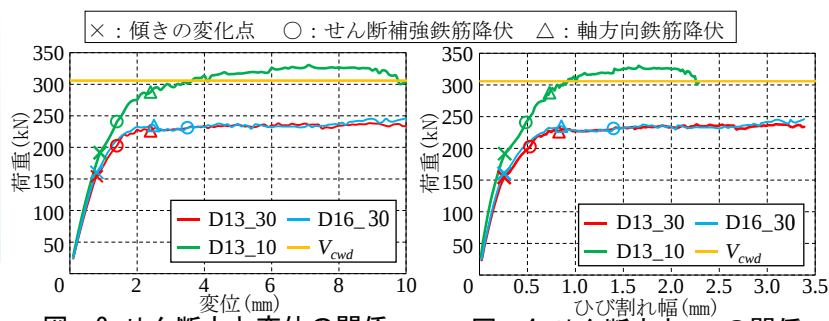
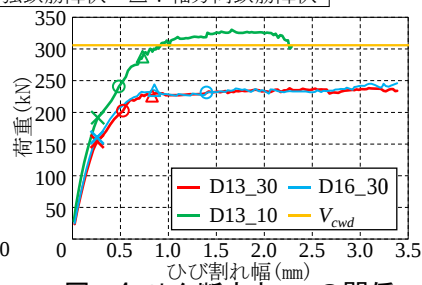
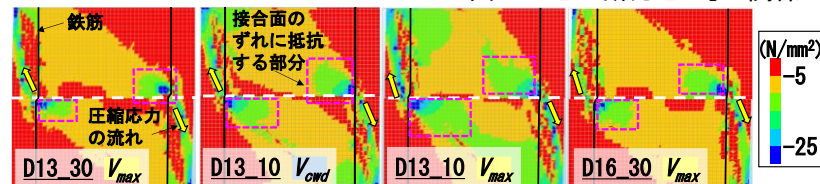


図-3 せん断力と変位の関係

図-4 せん断力と ω_L の関係図-5 V_{max} ・ V_{cwd} 時の最小主応力分布

状態において軸方向鉄筋の付着や定着が影響するような部材性能は低下する可能性がある。したがって、接合面を有する梁の耐力の評価は、 V_{cwd} の照査のほか、軸方向鉄筋に沿ったひび割れの有無の確認が必要である。そして、このひび割れが発生している場合は、耐力は既存の算定式ではなく、有限要素解析のようなひび割れの影響を考慮した方法での評価が必要だと考えられる。

図-5 に、D13_30 および D16_30 では V_{max} 、D13_10 では V_{max} および V_{cwd} での最小主応力分布を示す。軸方向鉄筋に沿ったひび割れが発生していない側の鉄筋付近のコアコンクリートの圧縮応力が高くなっているため、この部分で接合面のずれに抵抗していると考えられる。

なお、接合面上の軸方向鉄筋からかぶりコンクリートに沿って圧縮力が流れていることも確認した。

4. まとめ

軸方向鉄筋に沿ったひび割れの抑制やせん断耐力には、接合面—せん断補強鉄筋間の距離が影響することが分かった。棒部材ではせん断耐力がせん断伝達耐力を上回る場合でも、軸方向鉄筋に沿ったひび割れが発生することで部材の性能が低下する可能性があるため、限界状態の照査には、せん断伝達耐力の照査のみでなく、軸方向鉄筋に沿ったひび割れの影響を考慮しなければいけない可能性を示した。

参考文献

- 1) 大西昭徳, 横谷栄次, 謝爽: PCa 構造接合面におけるダウエル筋のせん断伝達に対する横補強筋効果に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.17, No.2, 1995
- 2) 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