

第 I 部門

中間支点部における支圧板方式合成構造の力学的挙動と補強リブが応力伝達に与える影響

大阪市立大学工学部 学生員 ○中岡 健太 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 (株)横河 NS エンジニアリング 正会員 利根川 太郎 (株)横河 NS エンジニアリング 木村 聡
 大阪市立大学大学院 正会員 林 巖

1. 研究背景および目的

本研究では、図-1 に示すように支圧板を有する合成構造（以下、新構造）を対象とする。新構造では中間支点上の鋼横桁に主桁と合成床版を一体化したプレキャスト部材を設置し、上フランジ間を高力ボルト摩擦接合継手により連結する。さらに、コンクリートを巻き立てることで、支圧板を介して連続桁化する。このような構造にすることで、現場工期を大幅に短縮でき、現場空間に制限がある場合でも架設が可能となる。しかし、その力学的挙動は不明確な部分があり、コンクリートのひび割れ・支圧破壊、鋼部材の降伏、継手部のすべりといった破壊イベントが発生するプロセスは明らかでない。ゆえに、各部材の構造諸元についても合理化検討の余地がある。また、補強リブは巻き立てコンクリートへの圧縮力伝達を分担する働きがあるが、最適な長さ・位置は明らかになっていない。

本研究では、弾塑性解析を行うことにより、破壊イベント発生のプロセスを明らかにするとともに、応力伝達がより効果的となる補強リブ長および設置位置について検討する。

2. 解析モデル

解析には、汎用構造解析ソフト Diana10.5¹⁾を用い、図-2 に示す基本ケースに対して弾塑性解析を行った。また、表-1 に示すように、補強リブ諸元を変化させた計 8 ケースの弾性解析を行った。構造パラメータは、補強リブ設置位置 h 、補強リブ長 L_h である。使用要素は、ウェブ・底鋼板は 4 節点シェル要素、その他の鋼部材とコンクリートには 8 節点ソリッド要素、鉄筋は埋め込み鉄筋要素である。境界条件は、上フランジ・添接板間をインターフェース要素、その他部材間は剛結としてモデル化を行い、巻き立てコンクリート下面を完全固定とした。要素分割は 25mm を基本とした。用いた材料特性を表-2 に示す。鋼部材は完全弾塑性とし、コンクリートの圧縮挙動は完全弾塑性モデル、引張挙

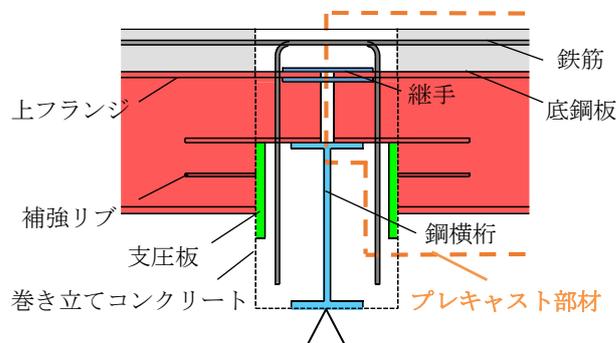


図-1 桁連結部の詳細

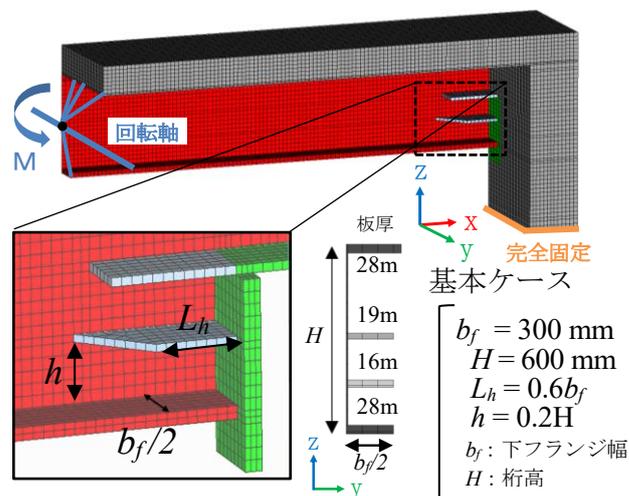


図-2 解析モデル (1/4 対称モデル)

表-1 解析ケース (2×4 計 8 ケース)

パラメータ名	パラメータ範囲
補強リブ設置位置 h (mm)	$0.1H, 0.2H$
補強リブ長 L_h (mm)	$b_f, 2b_f, 3b_f, 6b_f$

表-2 解析に用いた材料特性 (公称値)

鋼種	ヤング率 (N/mm ²)	ポアソン比	降伏点 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
ウェブ、下フランジ、補強リブ、支圧板、底鋼板	SM490Y	0.3	355	-	-
上フランジ、添接板	SM400		235	-	-
鉄筋	SD345		345	-	-
コンクリート	-	0.167	-	50	3.122

動は鉄筋によるテンションスティフニングを考慮した軟化モデルとした。荷重は、負曲げ載荷となるよう主桁ウェブ縁端の設計中立軸位置に強制回転角を与えた。

Kenta Nakaoka, Takashi Yamaguchi, Gen Hayashi, Tarou Tonegawa, Satoshi Kimura

nakaoka@brdg.civil.eng.osaka-cu.ac.jp

3. 荷重一回転角関係

作用曲げモーメント一回転角関係を図-3に示す。図中には、各破壊イベントを点でプロットし、設計値を横線で示している。破壊イベント発生を判定する際の破壊基準を表-3に示す。また、-650kN・m付近で剛性が変化しているが、これは図-4に示す設計断面にひび割れが生じたときの曲げモーメントと一致する。破壊イベントは、1) 床版コンクリートのひび割れ、2) 巻き立てコンクリートの支圧破壊、3) 下フランジの降伏、4) 鉄筋の降伏、5) 継手部のすべりの順に発生した。これは設計で想定している破壊順と一部異なり、下フランジの降伏と継手部のすべりが入れ替わっている。下フランジの降伏が先行している理由は、図-4(a)で示すように、設計断面には支圧板があり、下フランジの断面が急激に変化することで、下フランジの応力が局所的に高くなるためだと考えられる。継手部のすべりが遅れたのは図-4(b)で示すように、上フランジ添接板間に作用する応力が設計断面の応力よりも小さいためだと考えられる。また、最終破壊イベントであるすべり発生後、荷重低下は発生せず、安定した破壊形式となっている。

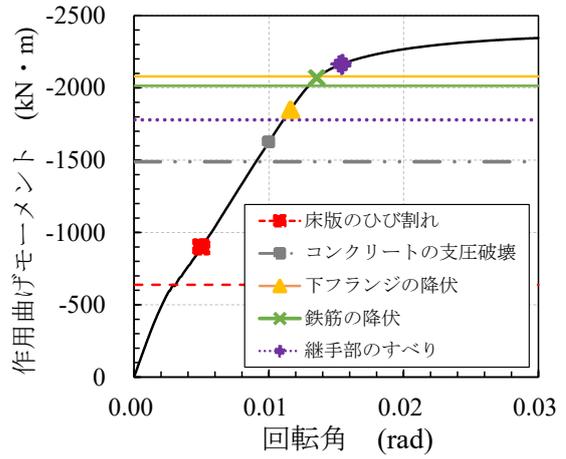
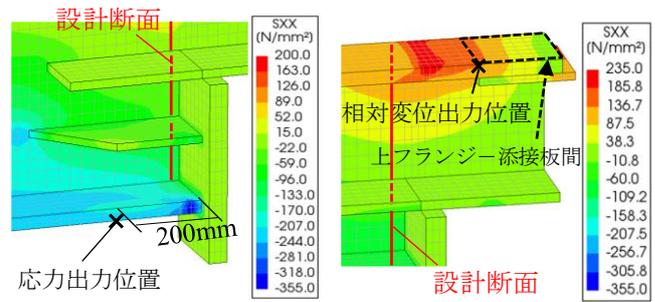


図-3 作用曲げモーメント-回転角関係

表-3 破壊イベントと破壊基準

破壊イベント	破壊基準
床版のひび割れ	1節点が許容ひび割れ幅0.196mmに到達
コンクリートの支圧破壊	1節点が圧縮強度50N/mm ² に到達
下フランジの降伏	幅方向の平均値が降伏点355N/mm ² に到達
鉄筋の降伏	1節点が降伏点345N/mm ² に到達
継手部のすべり	上フランジ添接板間の1節点の相対変位が0.2mmに到達



(a) 下フランジ周辺 (b) 上フランジ周辺

図-4 直応力コンター

4. 補強リブ諸元の検討

図-5に下フランジ幅 b_f に対する補強リブ長 L_h の比 L_h/b_f と下フランジの橋軸方向応力の関係を示す。応力出力位置を図-4に示す。なお、応力値は骨組み構造解析により算出した設計曲げモーメント時で算出した。補強リブ設置位置 h に関わらず $L_h/b_f=3$ 程度までは応力低減効果があり、それ以上は収束する傾向がみられる。また、 L_h/b_f に関わらず、 h を $0.2H$ から $0.1H$ にすることで約8%の応力低減効果が確認できた。さらに、 $h=0.2H$ において $L_h/b_f=1$ から $L_h/b_f=2$ にすることで応力が-7.3%低減し、 $L_h/b_f=1$ において $h=0.2H$ から $h=0.1H$ にすることで応力が-7.1%低減する。ゆえに、両者は同程度の応力低減効果があると考えられる。

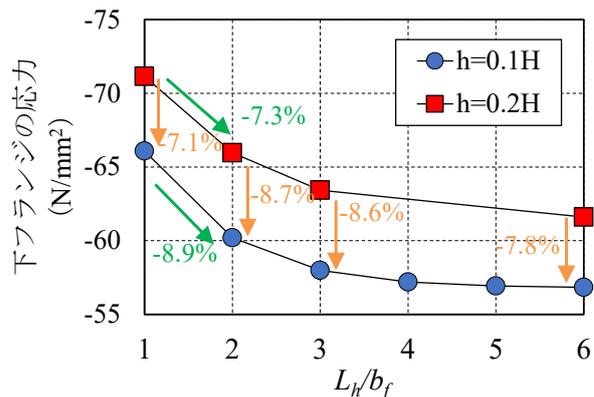


図-5 L_h/b_f と下フランジの応力の関係

5. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

1) 荷重一回転角関係では、破壊イベント発生荷重が全体的に設計値を上回り、急激な荷重低下は生じなかった。破壊イベント発生順を設計値と比較すると、下フランジの降伏が先行し、また、継手部のすべりは遅れて発生する結果となった。よって、圧縮力伝達に関わる下フランジ・補強リブ・支圧板諸元の合理化や継手部におけるボルト本数を合理化できる可能性がある。

2) 補強リブの検討では、 L_h/b_f が3程度以上までは、応力低減効果が期待できる。 $h=0.2$ 、 $L_h/b_f=1$ のケースから、補強リブ長 L_h を2倍にすることで、補強リブ設置位置 h を1/2倍にすることは同等の応力低減効果がある。また、補強リブ設置位置 h を1/2倍にすることで、補強リブ長によらず約8%の低減効果が確認できた。

(参考文献)

1. DIANA FEA 社 User's Manual Release Notes Release10.5