

## 支圧板方式剛結構造における下フランジの埋め込み長が応力伝達機構に与える影響

大阪公立大学大学院 学生員 ○中岡 健太 (株)横河 NS エンジニアリング 非会員 木村 聡  
 大阪公立大学大学院 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  
 大阪公立大学大学院 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、中間支点上で、主桁を高力ボルト摩擦接合にて連続化した、支圧板を有する合成構造を剛結コンクリートと鉄筋により、橋脚と一体化させた構造（以下、剛結構造）を対象とする。剛結構造とすることで、耐震性の向上、支承部の維持管理の省略、基礎工のスリム化を図ることができる。しかし、本対象構造の力学的挙動には不明確な点も多く、コンクリートのひび割れ、鋼部材（主桁、鉄筋）の降伏、最大耐力といった破壊イベントの耐力やそのプロセスは明らかでない。また、下フランジがコンクリートに直接埋め込まれるため、図-2に示す仕口部において応力が集中し、下フランジの降伏やコンクリートの支圧破壊が懸念される。

ここでは、対象構造である剛結構造の弾塑性解析を実施し、その力学的特徴を明らかにするとともに、下フランジの埋め込み長  $L$  の変化が各部材に作用する応力や破壊イベントのプロセスに及ぼす影響を調べた。

### 2. 解析モデル

解析には、汎用構造解析ソフト Diana10.5<sup>1)</sup>を用いた。解析モデルを図-2に示す。解析ケースは図-3に示すように、下フランジの埋め込み長  $L$  が 400mm の基本ケースと、 $L$  を 200mm に変化させた 2 ケースである。使用要素は、主桁ウェブ、底鋼板、横桁には 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、鉄筋には埋め込み鉄筋要素を用いた。要素分割は 25mm を基本とした。境界条件は、剛結コンクリート下面を完全固定とし、主桁ウェブ端部の設計中立軸位置に強制回転角を与えることで負曲げモーメントを作用させた。各要素の接触条件は、上フランジ添接板間にインターフェース要素を設定し、その他の鋼材-鋼材間、鋼材-コンクリート間は剛結とした。また、解析に使用した材料特性を表-1に示す。材料構成則については、鋼部材は完全弾塑性、コンクリートの圧縮挙動は完全弾塑

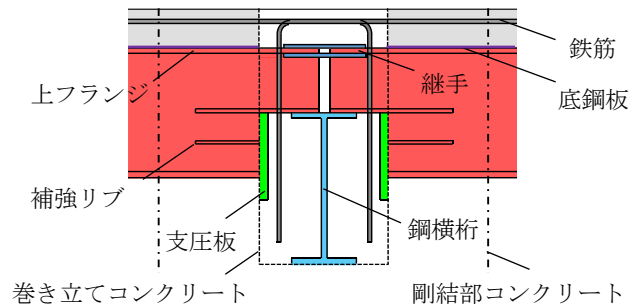


図-1 剛結構造

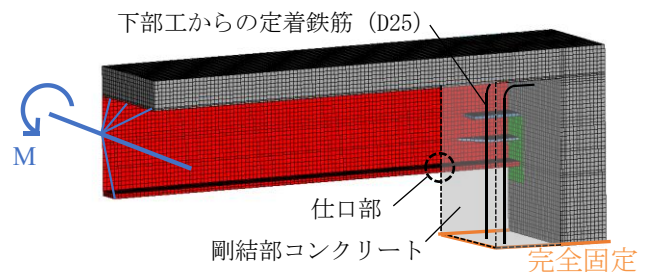
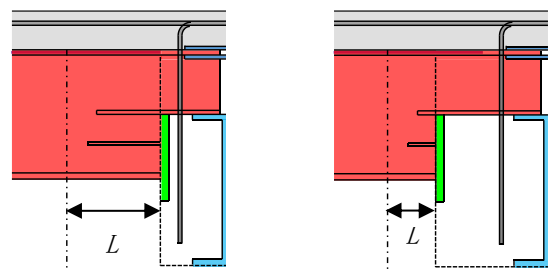


図-2 解析モデル（荷重条件と支持条件表示）



(a)  $L=400$  (基本ケース)

(b)  $L=200$

図-3 下フランジの埋め込み長  $L$  と解析ケース

表-1 材料特性（公称値）

	ヤング率 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	ポアソン比 -	降伏点 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	圧縮強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	引張強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
ウェブ、下フランジ、 補強リブ、支圧板、横桁	200000	0.3	355	-	-
上フランジ、添接板、底鋼板			235	-	-
鉄筋 (D19)			345	-	-
鉄筋 (D25)					
巻き立てコンクリート	33000	0.167	-	50	3.12
剛結部コンクリート	28000		-	30	2.22

性、コンクリートの引張挙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。

### 3. 基本ケースの破壊イベントとそのプロセス

曲げモーメント-回転角関係を図-4(a) (b)に示す。図中には、各破壊イベントをプロットしている。破壊イベ

キーワード 剛結構造, 支圧板, 非線形挙動, 鋼・コンクリート

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪公立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 TEL&FAX 06-6605-2765

ントの判定は、表-3 に示す破壊基準より行った。基本ケースでは、1) 床版コンクリートのひび割れ、2) 仕口部コンクリートの支圧破壊、3) 下フランジの降伏、3) 鉄筋の降伏、4) 上フランジの降伏の順に発生し、巻き立てコンクリート内部の支圧破壊、継手部のすべりは発生しなかった。剛性は $-650\text{kN}\cdot\text{m}$ 付近で変化し、緑丸で示す底鋼板端部位置の鉄筋の降伏が発生するまでは大きな剛性の変化は見られない。これは仕口部コンクリートの支圧破壊が局所的であり、荷重伝達メカニズムに及ぼす影響は小さいことを意味している。鉄筋の降伏以降は、橋軸方向に鉄筋の降伏域が広がり、回転角が増加する挙動となった。

4. 埋め込み長  $L$  の影響

埋め込み長  $L$  を  $400\text{mm}$  から  $200\text{mm}$  に変化させた結果、図-4 より仕口部コンクリートの支圧破壊、上下フランジ、鉄筋の降伏が発生する荷重については  $L=400$  に対する  $L=200$  の上昇率は  $1.7\sim 3.4\%$  にとどまった。一方、床版コンクリートのひび割れ幅が許容ひび割れ幅に到達する荷重は  $12\%$  程度増加した。

図-5 (a) (b) に各ケースが底鋼板端部の断面にひび割れが発生する前の主桁直応力コンター、図-6 (a) (b) に各ケースがひび割れ幅  $0.4\text{mm}$  に到達した時の主桁直応力コンターを示す。ひび割れ幅の出力位置は図-5 に示す底鋼板端部の断面である。図-5 より、ひび割れ発生前における応力性状の差異は小さい。一方、図-6 より、 $L=200$  ( $M=2066\text{kN}\cdot\text{m}$  時) における中立軸位置は、 $L=400$  の ( $M=-1897\text{kN}\cdot\text{m}$  時) の中立軸位置より高く、上面側引張領域の発生応力が同程度となっている。

図-7 にモーメントーひび割れ幅関係を示す。 $L=400$  に対して  $L=200$  では、ひび割れ発生荷重 (ひび割れ幅  $0.01\text{mm}$  到達荷重) の上昇率は  $4\%$  程度にとどまるが、ひび割れ幅  $0.2\text{mm}$  到達荷重は  $12\%$  程度、 $0.4\text{mm}$  到達荷重は  $9\%$  程度上昇した。

以上より、ひび割れ発生前の応力性状が  $L=400$  と  $L=200$  で差異が小さく、ひび割れ発生荷重の上昇率は小さい。一方、ひび割れ発生後では、図-6 より  $L=400$  より  $L=200$  の方が中立軸位置が高く、引張応力が小さくなり、ひび割れ幅の拡大が抑制される。ひび割れ幅が  $0.4\text{mm}$  程度に達すると、曲げモーメントの増分に対するひび割れ幅の増分は  $L=400$  と同程度となる。

5. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

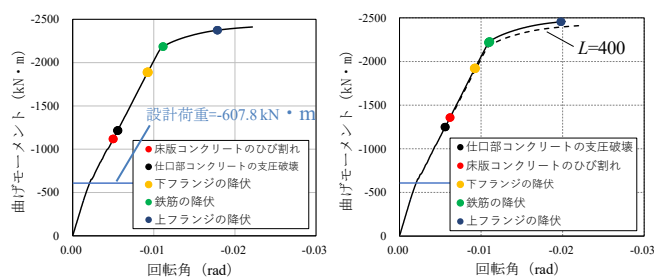


図-4 作用曲げモーメント-回転角関係

表-3 破壊イベントと破壊基準

破壊イベント	破壊基準
床版コンクリートのひび割れ	1節点が許容ひび割れ幅 $0.196\text{mm}$ に到達
仕口部コンクリートの支圧破壊	1節点が圧縮強度 $30\text{N}/\text{mm}^2$ に到達
下フランジの降伏	幅方向の平均値が降伏点 $355\text{N}/\text{mm}^2$ に到達
鉄筋の降伏	1節点が降伏点 $345\text{N}/\text{mm}^2$ に到達
上フランジの降伏	幅方向の平均値が降伏点 $235\text{N}/\text{mm}^2$ に到達
継手部のすべり	上フランジ-添板板間の相対変位が $0.2\text{mm}$ に到達

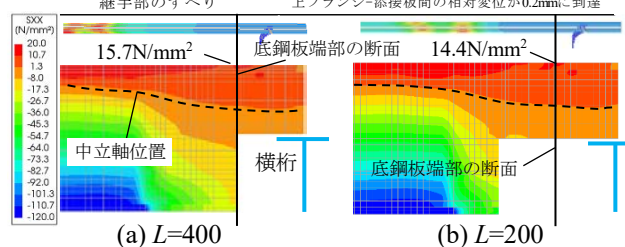


図-5 ひび割れ発生前 ( $M=800\text{kN}\cdot\text{m}$ ) の直応力コンター

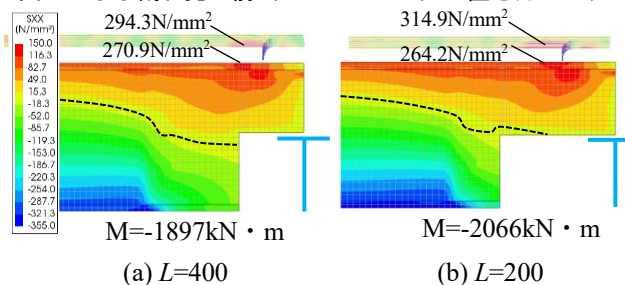


図-6 ひび割れ幅  $0.4\text{mm}$  到達時の直応力コンター

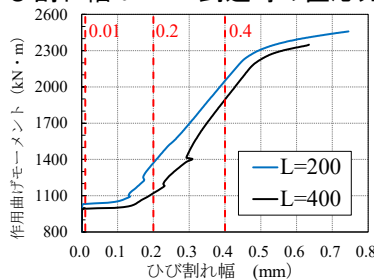


図-7 モーメントーひび割れ幅関係

- 1) 支圧板を有する剛構造では、内部のコンクリートよりも床版、仕口部といった表層のコンクリートの破壊が先行する可能性が高く、修復性が有利となる。
- 2) 下フランジの埋め込み長を  $400\text{mm}$  から  $200\text{mm}$  にすると、ひび割れ発生後の中立軸位置の低下が抑制され、ひび割れ進展を抑制することができる。一方、埋め込み長の変化は、鋼部材の降伏や仕口部コンクリートの支圧破壊にはほとんど影響を与えない。

(参考文献)

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