

合成床版のリブ位置における応力集中に関する FEM 解析

(株) 横河ブリッジ 正会員 春日井俊博*¹ 正会員 ○井上 武*¹
 (株) レールウエイエンジニアリング 正会員 保坂 鐵矢*²

1. まえがき

合成床版を連続合成桁に適用した場合に、合成床版は主桁の上フランジの一部として機能する。主桁の中間支点上付近では、合成床版に橋軸方向の引張力が作用するためコンクリートのひび割れの制御が必要となる。孔あき鋼板リブを用いた合成床版は、リブの孔内に形成されるコンクリートのずれ止めによってリブ付き底鋼板と RC 床版とを合成させるところに特徴がある。この孔あきリブは床版支間方向（一般的に橋軸直角方向）に配置されるため主桁作用による橋軸方向の引張力に対してはコンクリートの有効断面を減少させることになる。したがって、孔あきリブの位置ではコンクリートに作用する応力度がリブのない位置に比べて大きくなる。ひび割れの制御には、ひび割れの発生を許容して発生したひび割れが有害とにならないよう制御する場合とひび割れの発生を許容しない場合とがあり、ひび割れの発生を許容しない場合には孔あきリブ位置の応力集中の評価が必要になる。

本検討の目的は、合成床版の孔あきリブ位置における応力集中の程度を FEM 解析で調べ、ひび割れ制御に必要な設計データを得ることである。

2. FEM 解析の概要

解析モデルは、標準的な床版支間長 6.0m で床版コンクリート厚 27.0cm のものを基本（解析モデル A：文献 1）の供試体 SRC-1 のものと同一断面）として、他のモデルは、床版上面からリブ上端までの距離（かぶり c ）と床版コンクリート厚 d との比 c/d が異なる 3 種類の実橋床版とした。リブの孔径は共通で 70mm である。解析モデルを図-2 に示す。コンクリートと孔あきリブおよび底鋼板との境界は、圧縮力のみを伝達する条件として付着の効果はないものとした。解析モデルの境界条件は、片側の端部で上下段の鉄筋と底鋼板の変位を固定し、反対側の端部において上下段の鉄筋と底鋼板とを同じ量だけ強制変位させた。強制変位量は、文献 1) の実験で供試体にひび割れが発生する前の荷重（実橋の設計で後死荷重と活荷重に相当する軸力の 90%）と解析の単位幅当り（125mm）の反力とが同じになるように設定した。解析モデル A では強制変位量は 0.11mm、反力の合計は 53.3kN である。また、コンクリートの静弾性係数は実験供試体の値を用いた。

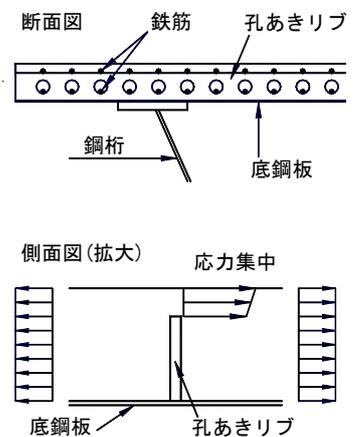


図-1 リブ位置の応力集中

表-1 解析モデルの諸元

解析モデル名	床版支間長	コンクリート厚	底鋼板の板厚	リブ高さ	リブ板厚	かぶり	上段鉄筋の径	下段鉄筋の径	かぶりの比率
	L	d	tb	h	tr	c=d-h	[-]	[-]	c/d
	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]
A	6.0	270	6	210	15	60	D19	D19	0.22
B	2.9	258	6	188	11	70	D22	D22	0.27
C	8.7	330	6	260	19	70	D22	D25	0.21
D	8.0	351	9	286	22	65	D22	D25	0.19

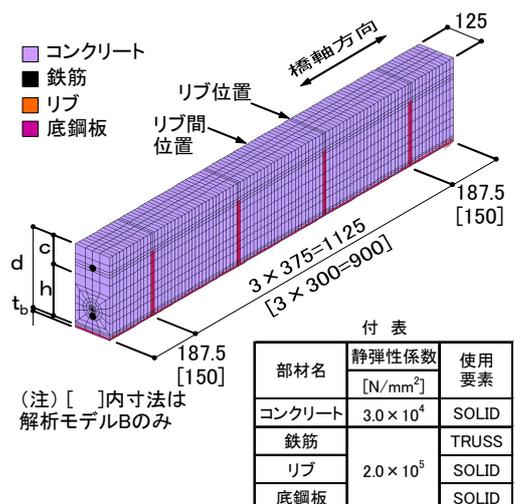


図-2 解析モデルの寸法と要素分割

keywords : 合成床版, 応力集中, 連続合成桁, ひび割れ制御

連絡先 : *1 〒273-0026 千葉県船橋市山野町 27 番地 TEL 047-435-6161 FAX 047-435-6160

*2 〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 横浜アイランドタワー 27 階 TEL 045-222-9083 FAX 045-222-9102

3. 実験結果との比較

解析モデル A のひずみ分布を図-3に示す。リブ間位置は解析モデルの長手方向の中央位置の断面を示し、リブ位置はリブがある断面位置を示している。リブ位置のひずみは長手方向にリブの厚み区間のひずみ値を平均したものである。リブ間位置では、ひずみはほぼ均等に分布しているが底鋼板では大きな値となっている。底鋼板とコンクリートとの付着は考慮していないので、コンクリートの拘束がないため鉄筋に比べて底鋼板のひずみが大きくなったものと考えられる。図-3中には上下段の鉄筋ひずみを計測した実験結果[文献1)の供試体 SRC-1のもの]を示した。実験値と解析値とは値にわずかに誤差があるが、傾向はよく一致している。応力集中の程度は、上段鉄筋ひずみに着目して、リブ間位置のひずみ ϵ_1 とリブ位置のひずみ ϵ_2 との比 ϵ_2/ϵ_1 で表しこれを応力集中係数と呼ぶ。応力集中係数は、解析値が 1.52 で実験値が 1.39 であった。

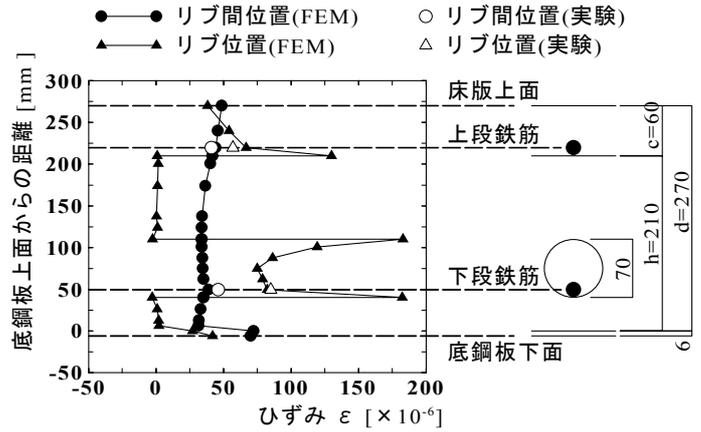


図-3 ひずみ分布 (解析モデル A)

表-2 鉄筋ひずみ [×10⁻⁶]

解析モデル名	A(解析値)			A(実験値)		
	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_2/ϵ_1	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_2/ϵ_1
上段鉄筋ひずみ	44	67	1.52	41	57	1.39
下段鉄筋ひずみ	39	82	2.10	46	85	1.85

(注) ϵ_1 :リブ間位置のひずみ
 ϵ_2 :リブ位置のひずみ

4. 応力集中の程度

解析結果を図-4に示す。応力集中係数はかぶりの比率 c/d と比例の関係にあることがわかる。孔あきリブを用いた合成床版では、応力集中係数は 1.63 から 1.30 の範囲に分布することがわかった。

5. ひび割れ制御

リブ位置における応力集中はコンクリートのひび割れ制御で重要となる。特にひび割れ発生を許さない場合は、応力度の算定にはリブ間位置を抵抗断面とする応力度の計算結果にここで示した応力集中係数を考慮する必要がある。

また、リブ孔内には局部的に応力集中が発生するため、リブ孔内のコンクリートには局部的にひび割れが発生している可能性がある。リブ孔内のコンクリートは合成床版のずれ止めであるので、これが損傷を受けるとずれ止めの耐力が低下する恐れがある。連続合成桁に孔あきリブを用いた合成床版を適用する場合で、ひび割れを許容する設計の場合はずれ止め耐力の低下を考慮する必要があると考えられる。

床版が引張り応力を受ける状態での床版耐荷力の検討は、移動輪荷重載荷試験機を用いた実験で別途検討しており、問題ない結果が得られている。

6. まとめ

FEM 解析結果から以下の知見が得られた。

- ・孔あきリブを用いた合成床版では、リブ位置で応力集中が発生する。
- ・応力集中係数は、かぶりの比率 c/d と反比例して小さくなる。
- ・応力集中係数は、ここで解析対象とした床版では 1.63~1.30 となった。

今後の検討課題は、かぶりの比率を含めた各パラメータ（床版厚、リブ高さ、鉄筋比、リブ間隔）それぞれの影響を明らかにすることである。

参考文献: 1)木水・新井・春日井・永田・長井：連続合成桁における合成床版のひび割れ性状に関する実験，構造工学論文集 Vol.48A, pp.1417-1428, 2002.3

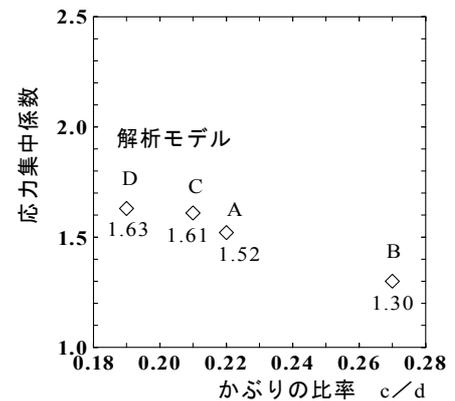


図-4 応力集中係数 (上段鉄筋位置)