

## 鋼床版垂直補剛材上端部のギャップ量が補剛機能に与える影響

(一社)日本橋梁建設協会 ○正会員 齊藤 史朗 松下 裕明 奥村 学  
 国立研究開発法人 土木研究所 正会員 村越 潤 佐藤 歩 原田 英明

**1. はじめに** 鋼床版の疲労耐久性向上策として、垂直補剛材上端をカットすることでデッキプレートとの溶接による応力集中を回避する構造が検討されている。一方、垂直補剛材は主桁腹板の補剛機能を有しており、上端カットで生じるデッキプレートとのギャップが補剛効果に与える影響を明らかにする必要がある。この様な中、垂直補剛材上端のギャップ量が腹板の補剛効果に与える影響に着目した研究<sup>2,3)</sup>はあるもののアスペクト比や幅厚比パラメータに着目した研究はほとんど無い。そこで本稿では、純せん断を受ける腹板を対象に線形座屈固有値解析および弾塑性有限変位解析を行い、アスペクト比や幅厚比パラメータの変化に対し、垂直補剛材上端のギャップ量が腹板の座屈耐荷力に与える影響を明らかにする。

**2. 解析モデルおよび方法** 本解析では、図1に示す垂直補剛材を有する鋼桁腹板の単一パネルに着目し、図2に示すようにモデル化した。境界条件は既往の研究<sup>4)</sup>を参考に相対する2辺に強制変位を与えてせん断力を再現した。面外の境界条件は上下辺を単純支持、垂直補剛材を設置する辺を自由とした。垂直補剛材は道路橋示方書<sup>1)</sup>の必要剛比を満足する寸法とした。

初期たわみは既往の研究<sup>4)</sup>を参考に板曲げ1次モードと2次モードを考慮し、その最大値は道路橋示方書<sup>1)</sup>で規定された製作誤差の最大許容値を与えた。残留応力は腹板とデッキプレートおよび下フランジとの溶接の影響を考慮し、溶接部近傍要素に $-\sigma_y$  ( $\sigma_y$ : 降伏応力)、その他の要素に $0.3\sigma_y$ として矩形分布で与え、その範囲は自己平衡が成立するように決定した。腹板長さ方向は一定とした。

解析は線形座屈固有値解析および弾塑性有限変位解析ともに汎用構造解析プログラム MSC MARC(2014.0.0)を用い、弾塑性有限変位解析ではシェル要素を用いた。本解析に用いたパラメータを表1に示す。

**3. 線形座屈解析結果** 解析から得られたギャップ量  $g=0, 35, 75\text{mm}$  それぞれの座屈安全率について、アスペクト比および幅厚比パラメータを変化させた場合の結果を図3、図4に示す。図に示すように、アスペクト比および幅厚比パラメータの増加に伴い座屈安全率は低下するが、ギャップ量の差異が座屈安全率に与える影響は最大で5%程度であり、その影響は小さいことが分かる。なお、座屈安全率が道路橋示方書<sup>1)</sup>の規定値1.25を下回る結果が一部で見られるが、いずれの場合も腹板の必要板厚などが道路橋示方書の規定の範囲外となっている場合であった。

**4. 弾塑性有限変位解析結果** 図5に解析から得られたせん断ひずみ-せん断応力関係を示す。図中横軸および縦軸は、それぞれ降伏せん断ひずみ、および降伏せん断応力で除して無次元化している。図に示すように、いずれの場合においても、ひずみに非線形性が現れた後、最大せん断ひずみに到達するが、その後せん断力は急低下しないことが

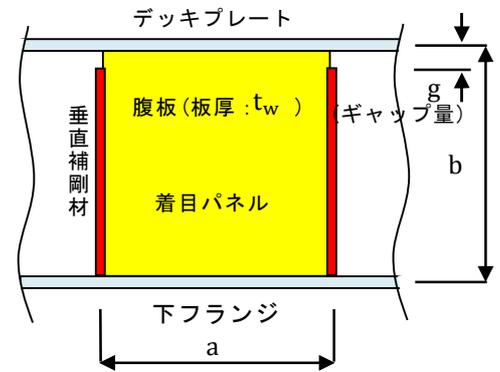


図1 解析対象

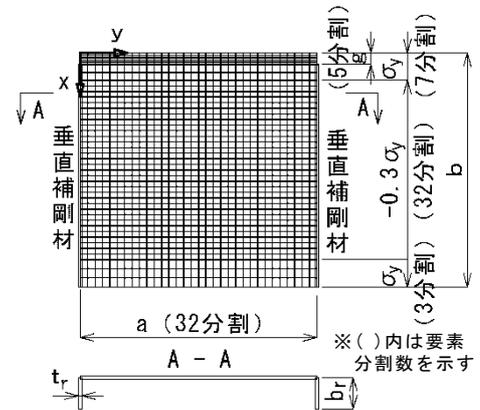


図2 解析モデル

表1 解析パラメータ

着目パラメータ	線形座屈解析	弾塑性解析
使用鋼材	SM400 ( $\sigma_y=240\text{N/mm}^2$ ) 弾塑性解析時: 完全弾塑性(移動硬化)	
アスペクト比 $\alpha(a/b)$	0.5, 1.0, 1.5, 2.0	1.0
幅厚比パラメータ $R_T$	0.5, 1.0, 1.5	
ギャップ量 $g(\text{mm})$ (腹板高比)	0, 35, 75 (0, 1/43, 1/20)	0, 75, 300 (0, 1/20, 1/5)

$$R_T = (b/t_w) \cdot \sqrt{(\tau_y/E) \cdot \{12(1 - \mu^2)/(\pi^2 k_T)\}}$$

キーワード: 鋼床版, 垂直補剛材, 上端カット, 補剛機能

連絡先: (社)日本橋梁建設協会 鋼床版部会 〒105-0003 港区西新橋 1-6-11 TEL: 03-3507-5225 FAX: 03-3507-5235

分かる。この傾向はギャップ量の差異にかかわらず同様であり、本研究で着目したパラメータの範囲内ではギャップ量がせん断ひずみ-せん断力関係に与える影響が小さいことがわかる。図6に幅厚比パラメータ1.0、無次元せん断ひずみ1.0での変形およびMises応力コンター図を示す。ギャップ量 $g=300\text{mm}$ の場合に垂直補剛材の先端に比較的大きな変形と応力集中が見られるが、変形モードおよび腹板全体の応力分布はギャップ量の差異による影響は見られないことが分かる。表2に図5から得られた無次元せん断力の最大値をまとめたものを示す。表中にはギャップ量 $g=0\text{mm}$ に対する比についても併記している。表に示すようにギャップ量 $g=0\text{mm}$ に対し、ギャップ量 $g=75, 300\text{mm}$ の場合の無次元最大せん断力は95%程度以上であり、その影響が小さいことがわかる。

**5. まとめ** 鋼床版の疲労耐久性向上策として垂直補剛材上端をカットした構造について、ギャップ量が腹板の補剛機能に与える影響について解析的に検討した。検討の結果、本解析でのパラメータの範囲では、上端のギャップ量がせん断座屈耐荷力特性に与える影響は少ないことが分かった。なお、本研究は国立研究開発法人土木研究所と(一社)日本橋梁建設協会の共同研究「鋼床版の疲労対策技術の信頼性向上に関する研究」の一環として実施したものである。

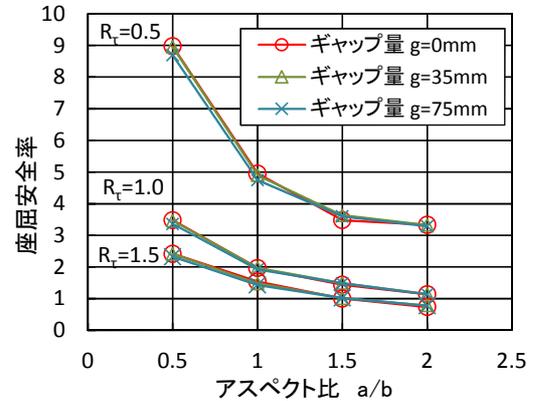


図3 アスペクト比, ギャップ量と座屈安全率

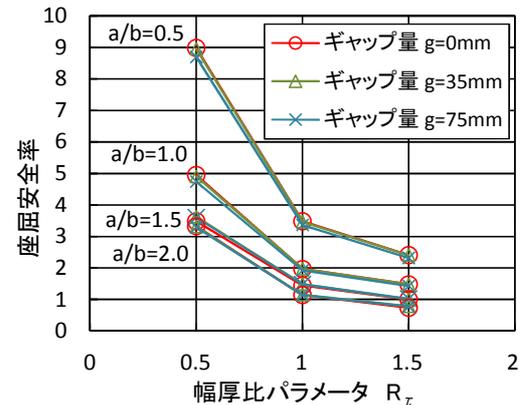


図4 幅厚比パラメータ, ギャップ量と座屈安全率

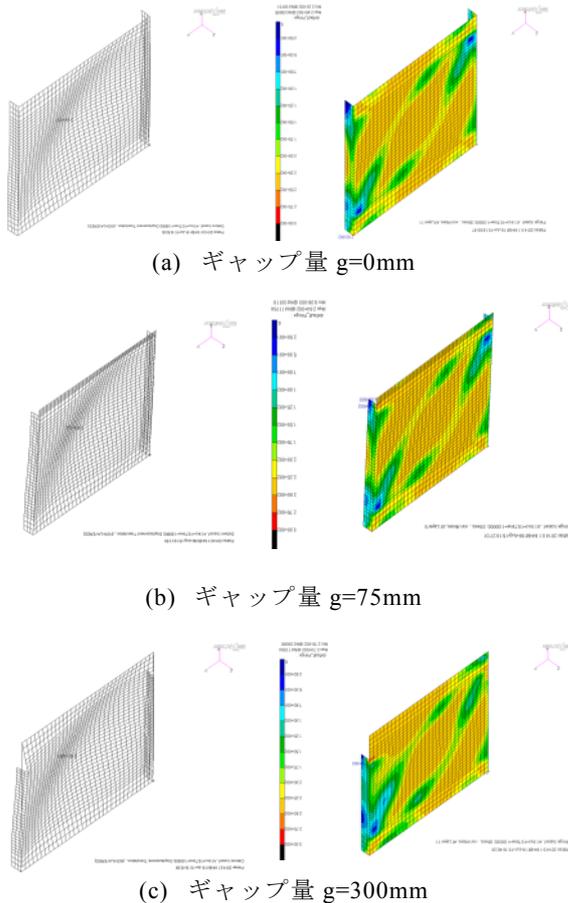


図6 変形図(倍率5倍), Mises 応力コンター図

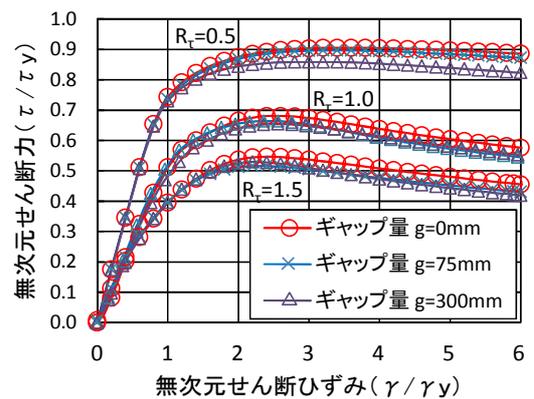


図5 せん断ひずみ-せん断応力関係

表2 無次元最大せん断応力

ギャップ量 $g$	幅厚比パラメータ $R_t = 0.5$		幅厚比パラメータ $R_t = 1.0$		幅厚比パラメータ $R_t = 1.5$	
	最大値	比	最大値	比	最大値	比
0mm	0.906	—	0.682	—	0.546	—
75mm	0.897	99.0%	0.665	97.5%	0.516	94.5%
300mm	0.859	94.8%	0.654	95.9%	0.529	96.9%

参考文献: 1) 道路橋示方書 II 鋼橋編, H24.3, 2) 山本, 齊藤, 川畑他: 鋼床版デッキプレートと垂直補剛材溶接部の改良ディテールの腹板補剛機能の検討, 土木学会第 60 回年次学術講演概要集, 2005.9, 3) 三木, 小野, 船戸, 鈴木: 垂直補剛材上端部にウェブギャップを有する鋼箱桁橋の強度特性, 土木学会第 65 回年次学術講演概要集, 2010.9, 4) 奈良, 出口, 福本: 純せん断応力を受ける鋼板の極限強度特性に関する研究, 土木学会論文集第 392 号/I-9, 1988.4.