

調整桁端補剛材下端部の疲労損傷に対する切欠き工法の解析的検討

関西大学大学院 学生員 ○長尾 勇太 レールテック 正会員 松本 健太郎 西日本旅客鉄道 正会員 中山 太士
 鉄道総合技術研究所 正会員 小林 裕介 関西大学 正会員 坂野 昌弘

1 はじめに

3径間連続ダブルデッキ橋の調整桁端補剛材下端の溶接止端部において、疲労き裂が発見された。この疲労き裂は、端補剛材の絞り込みや支承の偏支持による応力集中が主な原因と考えられている。対策方法として、き裂がすでに生じている端補剛材へは当板補強を、き裂が今後生じる恐れのある端補剛材へは切欠き工法の適用を考えている。

本研究では、調整桁端補剛材下端の疲労損傷を対象に、FEM解析を用いて切欠き工法による応力低減効果と最適な切欠き形状について検討を行なう。

2 解析方法

図-1に調整桁および緩衝桁の側面図を示し、写真-1に調整桁端部の端補剛材(桁外側)を示す。疲労損傷が報告された端補剛材下端溶接部に着目し、解析では調整桁端部をモデル化した。

図-2に、解析モデルを示す。解析モデルは、調整桁端部のみを再現した。これは端補剛材への载荷荷重が最も大きくなる場合(支点反力が最も大きくなる場合)が、緩衝桁のみに列車が載った場合であり、緩衝桁から調整桁へ伝達される荷重のみを考えるため、橋軸方向全体のモデル化を省きし桁端部のみの局部モデルとした。荷重は列車荷重と衝撃荷重とを考慮し、緩衝桁支承の設置位置に192kNを分布荷重で載荷した。

図-3に、支点の偏支持状況を示す。疲労損傷原因の一つである支点の偏支持については、ソールプレートと支承の隙間を、実測値をもとにモデル化し、支承とソールプレート下面に接触を設定した

3 切欠き形状

図-4に、端補剛材の切欠き形状の寸法の取り方を示す。下フランジと切欠き端の距離Dを変化させ端補剛材下端への応力集中低減を期待し、切欠き半径Rおよび切欠き部の直線距離Lを変化させ端補剛材から切欠きコーナ部に移行した応力集中低減を期待している。

4 切欠きケース

表-1に、解析ケースと比較対象を示す。解析ケースは、対策前モデル1ケースと切欠き対策モデル8ケースを考え、これらを比較することで切欠き形状による応力低減効果への影響を確認する。

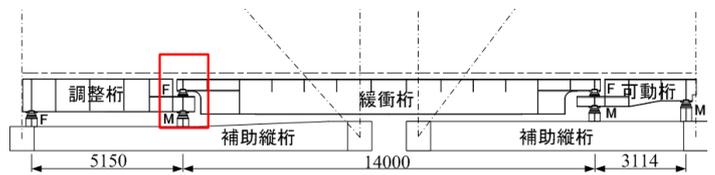


図-1 調整桁および緩衝桁の側面図



写真-1 調整桁端部の端補剛材

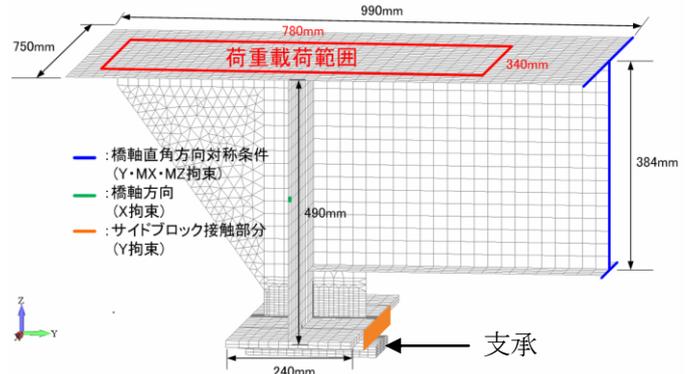


図-2 調整桁端部の端補剛材 (桁外側)

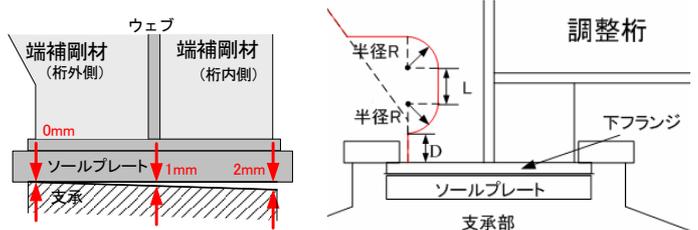


図-3 支点的偏支持

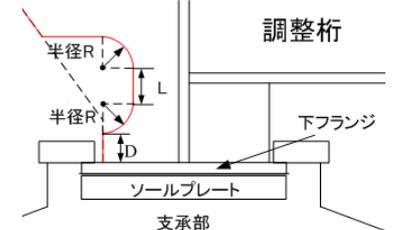


図-4 端補剛材切欠き形状

表-1 解析ケースと比較対象

解析モデル名	切欠き寸法	比較対象		
		Dの影響	Rの影響	Lの影響
case-1 対策前モデル	0 0 0	○	○	○
case-2 基本モデル	60 60 60	○	○	○
case-3 D40モデル	40 60 60	○		
case-4 D20モデル	20 60 60	○		
case-5 R40モデル	60 40 60		○	
case-6 R20モデル	60 20 60		○	
case-7 L40モデル	60 60 40			○
case-8 L20モデル	60 60 20			○
case-9 L0モデル	60 60 0			○

キーワード ダブルデッキートラス橋, 調整桁, 端補剛材, 切欠き工法, FEM解析

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 関西大学鋼構造デザイン研究室 TEL06-6368-1111+6506

5 解析結果

5.1 切欠き前後の応力集中状況

図-5 に端補剛材切欠き前後のミーゼス応力分布を示し、図-6 にそれらの主応力分布を示す。切欠き前では端補剛材下端部に大きな応力集中が生じている。一方、切欠き後では、端補剛材下端と切欠きコーナ部とに応力集中が生じ、切欠き前と比べて端補剛材下端の最大応力は低減している。

5.2 切欠き形状の影響

図-7 に、各対策モデルの応力集中低減効果を示す。図中では、端補剛材下端溶接止端部の最小主応力最小値と、端補剛材切欠き後に応力が大きくなる切欠きコーナ部の最小主応力最小値に着目して表記した。

(1) 下フランジ上面からの距離 D の影響

図-7(a) より、下フランジ上面から切欠き部までの距離 D を 60mm から 20mm にすることで、端補剛材下端の最小主応力最小値は 6 割程度低減し、切欠きコーナ部の最小主応力最小値は約 1.5 倍増大する。

(2) 切欠き半径 R の影響

図-7(b) より、切欠き半径 R を 20mm から 60mm に拡大することで、切欠きコーナ部および端補剛材下端の最小主応力最小値は 1 割程度低減する。

(3) 切欠き直線距離 L の影響

図-7(c) より、切欠き直線距離 L を拡大した場合、切欠きコーナ部および端補剛材下端の最小主応力最小値にほぼ違いは見られない。

5.3 最適な切欠き形状

端補剛材下端溶接止端部の応力集中に対しては、下フランジ上面から切欠き部までの距離 D を小さくすることが効果的である。端補剛材下端から切欠きコーナ部に移行した応力集中は、切欠き半径 R を大きくすることで低減できる。

したがって、効果的な端補剛材の切欠き形状は、切欠き半径 R が大きく、下フランジ上面から切欠き部までの距離 D が小さい形状である。

6. まとめ

本研究より得られた主な結論は以下のとおり。

- (1) 切欠き前では端補剛材下端部に大きな応力集中が生じ、切欠き後では端補剛材下端と切欠きコーナ部とに応力集中が生じ、切欠き前と比べて端補剛材下端の最大応力は低減する。
- (2) 効果的な端補剛材の切欠き形状は、切欠き半径 R が大きく、下フランジ上面から切欠き部までの距離 D が小さい形状である。

参考文献

1) 高田他：半円切欠きを用いた既設鋼床版橋主桁垂直補剛材上端溶接部の疲労対策，鋼構造論文集，第 16 巻第 62 号，pp.35-46, 2009.6
 2) 山田他：垂直補剛材と鋼床版デッキプレートのすみ肉溶接の曲げ疲労試験，鋼構造論文集，第 14 巻第 55 号，pp.1-8, 2007.9

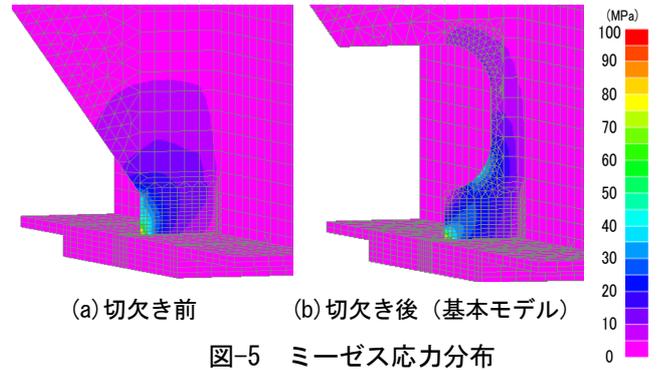


図-5 ミーゼス応力分布

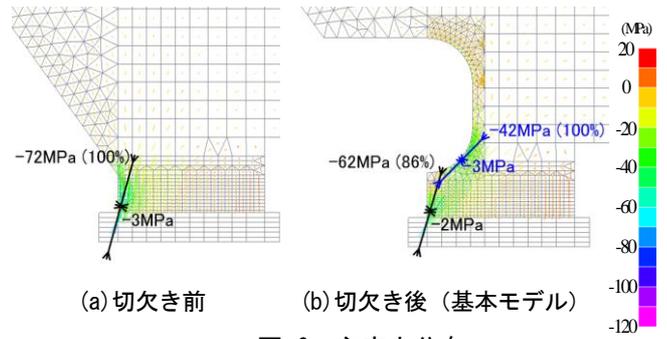


図-6 主応力分布

	外側端補剛材溶接止端部の最小主応力最小値 (白抜: 基本モデルを100%とした百分率)	切欠きコナ部の最小主応力最小値 (白抜: 基本モデルを100%とした百分率)
② 基本モデル (D60モデル) (R=60,D=60,L=60)	100%	-62
③ D40モデル (R=60,D=40,L=60)	84%	-52
④ D20モデル (R=60,D=20,L=60)	43%	-27

(a) 下フランジ上面からの距離 D の影響

	外側端補剛材溶接止端部の最小主応力最小値 (白抜: 基本モデルを100%とした百分率)	切欠きコナ部の最小主応力最小値 (白抜: 基本モデルを100%とした百分率)
⑥ R20モデル (R=20,D=60,L=60)	100%	-69
⑤ R40モデル (R=40,D=60,L=60)	96%	-66
② 基本モデル (R60モデル) (R=60,D=60,L=60)	89%	-42

(b) 切欠き半径 R の影響

	外側端補剛材溶接止端部の最小主応力最小値 (白抜: 基本モデルを100%とした百分率)	切欠きコナ部の最小主応力最小値 (白抜: 基本モデルを100%とした百分率)
② 基本モデル (L60モデル) (R=60,D=60,L=60)	100%	-42
⑦ L40モデル (R=60,D=60,L=40)	105%	-44
⑧ L20モデル (R=60,D=60,L=20)	105%	-44
⑨ L0モデル (R=60,D=60,L=0)	102%	-43

(c) 切欠き直線距離 L の影響

図-7 各対策モデルの応力集中低減効果