

鋼下路鉄道橋縦桁横桁連結部における応力性状

株式会社 高知丸高 ○正会員 細木達朗
 高知工科大学 正会員 藤澤伸光
 芝浦工業大学 正会員 穴見健吾
 鉄道総合技術研究所 正会員 小林裕介

1. 研究の背景と目的

鋼下路鉄道橋の縦桁横桁連結部において図 1. a に示すような疲労亀裂が報告されている。亀裂は縦桁上フランジ及び下フランジ側ウェブ切欠き部及び縦桁と横桁を繋ぐコネクションプレートのリベットから発生しており、適切な亀裂の補修法及び補強方法の検討が火急の課題となっている。本研究ではこれらの亀裂の内、縦桁ウェブ下フランジ側切欠き部に着目する。本研究では、切欠き部での応力低減を図るための補修・補強法を含めた維持管理に対して有用な資料を提供する事を目的として、切欠き部の応力性状を調べた。本研究では、亀裂の発生傾向に差異が見られるプレートガーダー橋とトラス橋とを FEM 解析を用いて比較検討することにより、亀裂発生部位での応力集中の原因を検討する。本研究で対象とした縦桁と横桁の取り合い部は上フランジ側はフランジ差込み、下フランジ側は図 1. b に示すように、下フランジ側ウェブを切欠いた形状となっている。

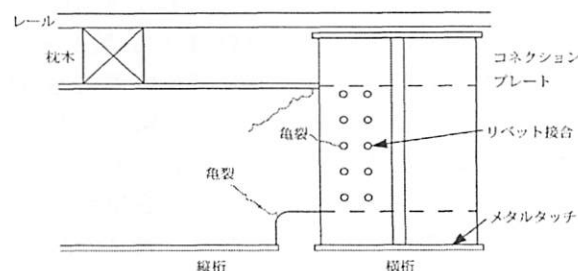


図 1.a 亀裂発生部位

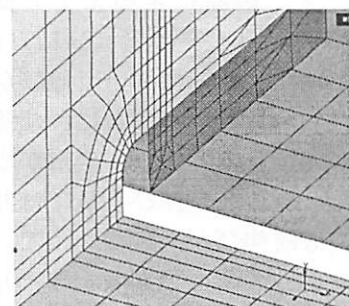


図 1.b 縦桁横桁取合い部

2. 解析モデル

本研究では有限要素法ソフトウェア MSC.Marc を用いて解析を行った。プレートガーダー橋の要素分割図を図 2. a、トラス橋の要素分割図を図 2. b に示す。枕木とレールには梁要素を用い、それ以外の構造部材にはシェル要素を用いてモデリングを行った。枕木とレールの幾何条件を表 2. a に示す。最近傍枕木から切欠き部の橋軸方向の距離はプレートガーダー橋は 144.0mm、トラス橋は 142.9mm であり、ほぼ同等である。縦桁ウェブ下フランジ側切欠き部の近傍の要素分割はプレートガーダー橋、トラス橋共に同じにしてある。

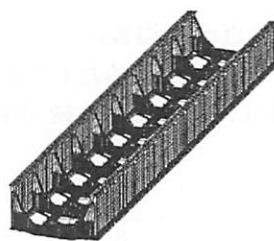


図 2.a プレートガーダー橋



図 2.b トラス橋

3. 解析結果

着目点は縦桁ウェブ下フランジ側切欠き部こば面中心である。この位置における最大応力が発生すると考えられる接線方向の応力で整理する。荷重は 10kN を移動させながら載荷した。また連結部の橋端からの距離の違いによる縦桁ウェブ下フランジ側切欠き部への影響の有無を確認するために橋梁中央から橋端へかけての横桁を C1～C4 として、各横桁近傍の縦桁ウェブ下フランジ側切欠き部の応力性状を調べた。

3.1 プレートガーダー橋の影響線

プレートガーダー橋の解析結果を図 3.1. a に示す。面外曲げ応力成分と面内応力成分に分けて整理した。影響線から、引張りの面内応力成分が支配的である事が分かる。またプレートガーダー橋では主桁と横桁の連結構造が一樣であるためか、C1～C4 に差異はそれほど見られない。

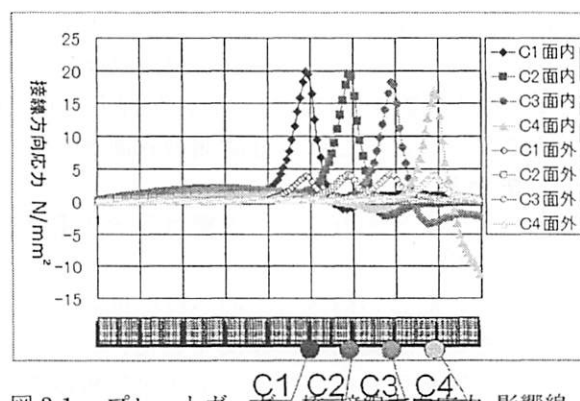


図 3.1.a プレートガーダー橋 接線方向応力 影響線

3.2 トラス橋の影響線

トラス橋の影響線を図 3.2.a に示す。影響線から、面内応力成分が支配的であるという事が分かる。斜材が下弦材側についている C1C3 では連続的挙動を示すのに対し、斜材が上弦材側についている C2C4 では全体的に引張り側に偏った影響線となる。

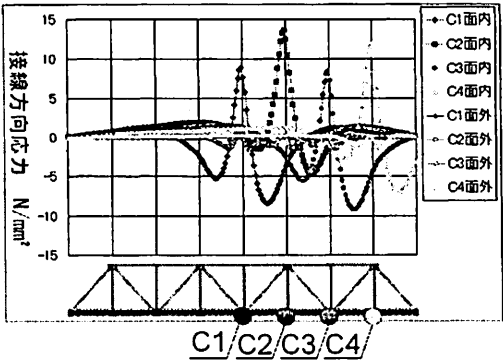


図 3.2.a トラス橋 接線方向応力 影響線

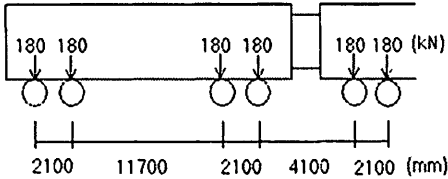


図 4.a 列車荷重

表 4.a 疲労に対する影響度

4. 疲労に対する影響度

列車通過時の応力履歴を得る事を目的とし、列車走行シミュレーションを行った。走行車両は図 4.a に示す車両であり、10 両編成とした。影響線を基に列車の車軸位置をパラメータとして重ね合わせにより応力履歴を得た。列車の通過が切欠き部に与える疲労に対する影響度を検討するために、レインフロー法を用いて応力範囲頻度分布を作成した。各橋で発生する応力範囲を 3 乗し、回数を掛け合わせたものの総和を疲労に対する影響度と定義した。結果を表 4.a に示す。列車通過の際、輪軸間隔や、面外曲げ応力成分、影響線幅の関係からプレートガーダー橋はトラス橋に比べ疲労的に非常に厳しい事が分かる。また、プレートガーダー橋では主桁側が非常に厳しく、トラス橋では軌道中心側が厳しくなるということが分かる。

		軌道中心側		板厚中心		主桁側	
		圧縮側無視	圧縮側考慮	圧縮側無視	圧縮側考慮	圧縮側無視	圧縮側考慮
プレートガーダー橋		91,553,709	91,547,681	147,194,683	147,188,838	228,100,068	228,100,068
トラス橋	C1	7,577,849	114,542,830	4,436,469	95,698,380	2,613,921	83,857,847
	C2	132,393,325	129,959,863	101,704,346	107,190,580	98,837,387	102,944,154
	C3	865,568	102,658,621	828,908	85,624,008	942,915	75,928,126
	C4	45,402,498	135,370,626	49,316,373	116,680,343	57,916,672	103,467,063

5. 横桁の影響

プレートガーダー橋とトラス橋では発生する応力が大きく異なり、トラス橋はプレートガーダー橋に比べ圧縮側に偏った影響線を示す。これに対し横桁の剛性に着目して解析したところ、図 5.a、図 5.b に示すように、プレートガーダー橋の横桁の断面性能を増加させた場合、影響線は圧縮側に移行した。トラス橋については断面剛性を減少させると影響線は引張り側に偏ったものとなった。また、トラス橋では、C1C3 と C2C4 の発生応力性状が異なるが、図 5.c、図 5.d に示すように、主構の格点部の剛性の違いに応じた、横桁のねじれ挙動の違いが見られる。以上のことより、横桁と縦桁、もしくは横桁と主構（主桁）との剛性の比率が、横桁のねじれやその拘束といった横桁の変形の程度を相互に変化させており、その横桁の変形挙動が、切欠き部の応力性状に大きく寄与しているのではないかと考えられる。

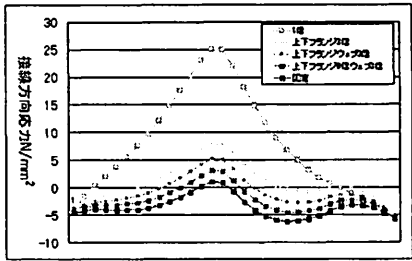


図 5.a プレートガーダー橋 横桁断面性能増減に伴う応力性状の変化

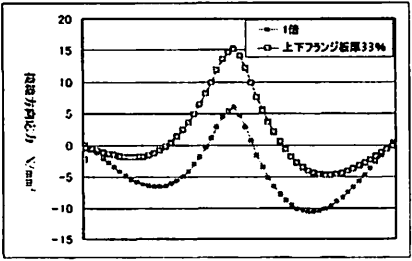


図 5.b トラス橋 横桁断面性能増減に伴う応力性状の変化

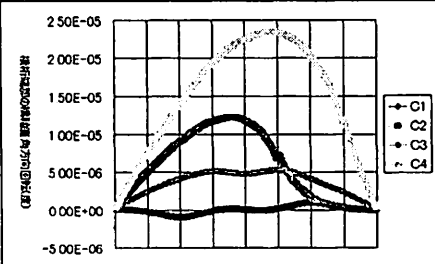


図 5.c トラス橋 横桁端部橋軸直角方向 回転

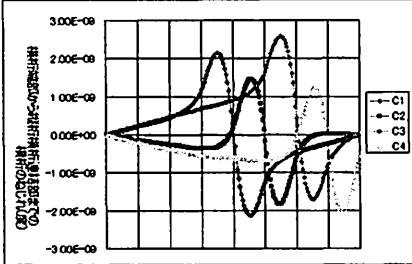


図 5.d トラス橋 横桁端部・縦桁横桁連結部間 橋軸直角方向 ねじれ

6. まとめ

- ・どちらの橋においても切欠き部においては面内応力成分が支配的である。
- ・プレートガーダー橋とトラス橋で発生する応力性状の違いは横桁-主桁、横桁-縦桁の剛比が大きく影響する。
- ・トラス橋における C1C3 切欠き部と C2C4 切欠き部の応力性状の違いは横桁端部の橋軸直角方向の回転と、それに伴う横桁のねじれが理由の一つとして考えられる。