

I - 252

桁端切欠構造部における変状調査に関する一考察

東海旅客鉄道(株) 正員 坂井 直之
 東海旅客鉄道(株) 正員 内藤 繁
 (株)BMC 正員 阿部 允

1. はじめに

架設箇所の種々の制約から、鋼橋では桁端部を切り欠いた構造を用いることが多い。しかし、このような構造は応力挙動が複雑になることから、疲労による亀裂の発生例がいくつか報告されている。その多くは切欠コーナー部の溶接ビードに沿って接線方向に進展するケースであるが、鉄道橋において切欠コーナーの法線方向に進む亀裂の発生したケースがみられた。ここでは亀裂発生原因の究明の一環として応力状態を把握するための実橋測定を行ったので、その概要を報告する。

2. 変状概要

橋梁および変状の概要を図1に示す。変状の見られた桁は箱断面の上路プレートガーダー（単線桁、支間25m）で、鋼製箱断面の受桁により両端を支持されている。受桁上での支点位置は、受桁中心に対し桁端方向に偏心している。また、曲線区間（ $R = 2500\text{m}$ ）にあるため桁自体が遠心力を考慮した傾きを有しているのに対し、受桁は水平に設置されているため、支点部で左右のウェブ高さが違う構造となっている。亀裂はウェブ高さが低い（切欠深さが深い）側の切欠コーナー頂点付近において、溶接ビード付近から発生し、ウェブおよび下フランジ上を進行している。なお、支点部の沈下が0.5mm程度見られる。

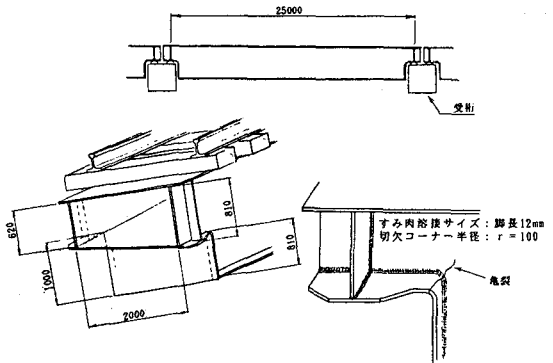
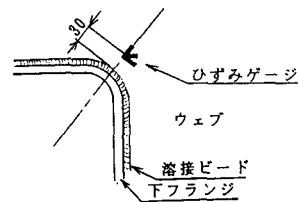


図1 橋梁および変状概要

3. 応力測定

切欠部の応力挙動を把握するため、変状の見られた桁と連続して架設されている桁（スペック同じ、亀裂なし）において応力測定を行った。ただし、亀裂発生桁と測定対象桁とは、受桁上の支点位置が違う。図2に主な測定位置を示す。



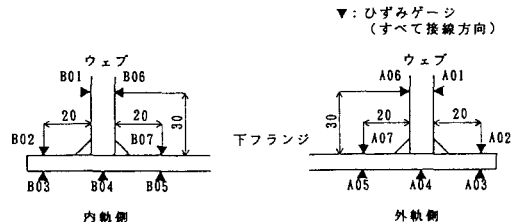
ウェブ3方向応力

4. 測定結果と考察

桁端の切欠部付近は、局部的にみるとウェブと下フランジにより接線方向には縦方向溶接継手、法線方向には荷重伝達型十字溶接継手を構成していると考えられ、継手の疲労強度と発生応力の大きさととのバランスで亀裂の発生方向が決まってくると思われる。

(1) 応力挙動

内軌側主桁ウェブについて、表裏に貼ったひずみゲージによる測定結果から、面外曲げは見られなかった。切



切欠コーナー頂点部の断面応力

図2 測定点

欠コーナー頂点付近におけるウェブの応力測定結果（図3）から、法線方向応力よりも接線方向応力が卓越していることがわかる。切欠部断面でみた接線方向応力の分布（図4）は下フランジ下面において最大の引張応力が作用しており、徐々に上、すなわちフランジ上面、ウェブに行くに従って減少する傾向にある。また、下フランジ上面の接線方向の応力はウェブ外面側が内面側の約3倍もの値となっている。これらのことから、疲労亀裂の発生は下フランジの側面からウェブ外面側コーナー部の溶接部からであることが考えられ、溶接部にはB02点と同等以上の接線方向応力が生じていると思われる。

(2) 切欠深さの影響

切欠深さが違う内軌側主桁と外軌側主桁で比較した場合、内軌側主桁はウェブ高さが中央断面での高さの半分以下であり、桁端での下フランジ位置が中央断面における中立軸よりも高くなっている。測定結果では内軌側では外軌側に対し、接線方向応力が2～3倍になっており、中立軸の急変の影響が極めて顕著に現れている。

(3) 疲労損傷に関する評価

応力のバランスを考えた場合、明らかに法線方向（十字溶接継手）よりも接線方向（縦方向溶接継手）に対する疲労損傷が大きいと考えられる。内軌側主桁において、縦方向溶接継手（継手等級：D）に関しての疲労損傷度等（照査値は図4；B02、B04点の応力）を図5に示す。

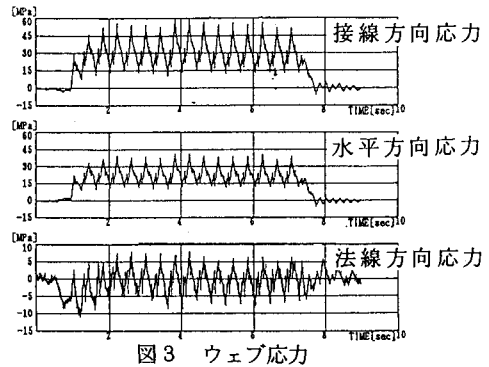


図3 ウェブ応力

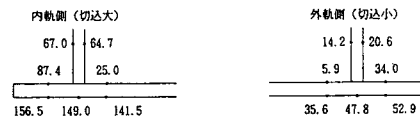
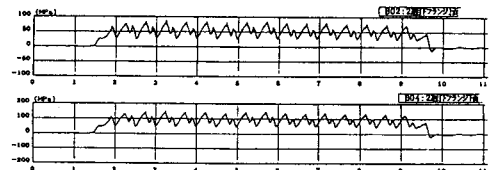


図4 断面応力分布



測点名	最大応力度 (MPa)	最小応力度 (MPa)	応力範囲 (MPa)	等価繰返し	疲労損傷度
B 2	87.4	-14.0	101.4	3.53×10^4	1.77×10^{-4}
B 4	149.0	-21.5	170.5	1.74×10^4	8.72×10^{-4}

図5 疲労損傷度等

5. まとめ

従来は亀裂は切欠コーナーの溶接ビードに沿った形で見られているため、対策は本件のように切欠コーナーに対し法線方向に亀裂が進むケースを想定した検討はほとんどされてこなかった。しかし、本件において実橋測定に基づく検討を行った結果、切欠深さの影響もあるが接線方向にも極めて大きな応力が生じる場合があり、法線方向に進む亀裂に対しても考慮が必要であることがわかった。

6. おわりに

亀裂の発生原因、特に接線方向応力が卓越している原因についての究明が課題として残っているため、対策として、図6に示すように亀裂発生箇所に対しては亀裂進展遅延のためウェブに当板補強を施ただけでなく、切欠コーナー部の応力集中緩和効果をより大きくするため、支点部をウェブとの共同作用を考慮したトラス構造に改良する等、やや過大とも考えられるが列車走行に対する安全確保を第一にした工法を選択した。なお計算上はトラス構造だけでも通常の荷重に対応できるよう設計した。

現在、亀裂部のコアを採取し亀裂発生箇所に関する詳細調査を行っているので結果がまとまり次第報告したい。

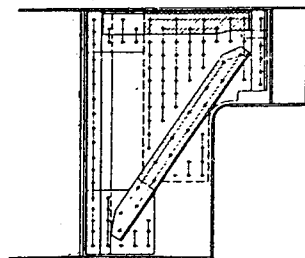


図6 補強方法