

面外曲げを受ける波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋の力学的挙動

川田工業（株） 正員 吉岡昭彦 正員 溝江慶久
正員 町田文孝 正員 越後 滋
オリエンタル建設（株） 辻村 隆 正員 落合 勝

1. はじめに 鋼 I 桁橋の横桁取付部における垂直補剛材と上フランジとの溶接部では、床版のたわみ変形にともなう上フランジの首振りを垂直補剛材が拘束することにより、大きな局部応力が発生し、疲労損傷の原因となっている。波形鋼板ウェブ PC 橋においても、ウェブの上下縁にフランジを取り付けた場合、同様に波形状が上フランジの首振りを拘束し、首溶接部で大きな局部応力が生じることが考えられる。また、ウェブについても、その上下縁が床版によって拘束されているため、車両の载荷によって面外に変形を起こし、現場継手部の接合形式によっては、面外剛性が高まり、局部的に過大な応力が生じることも考えられる。

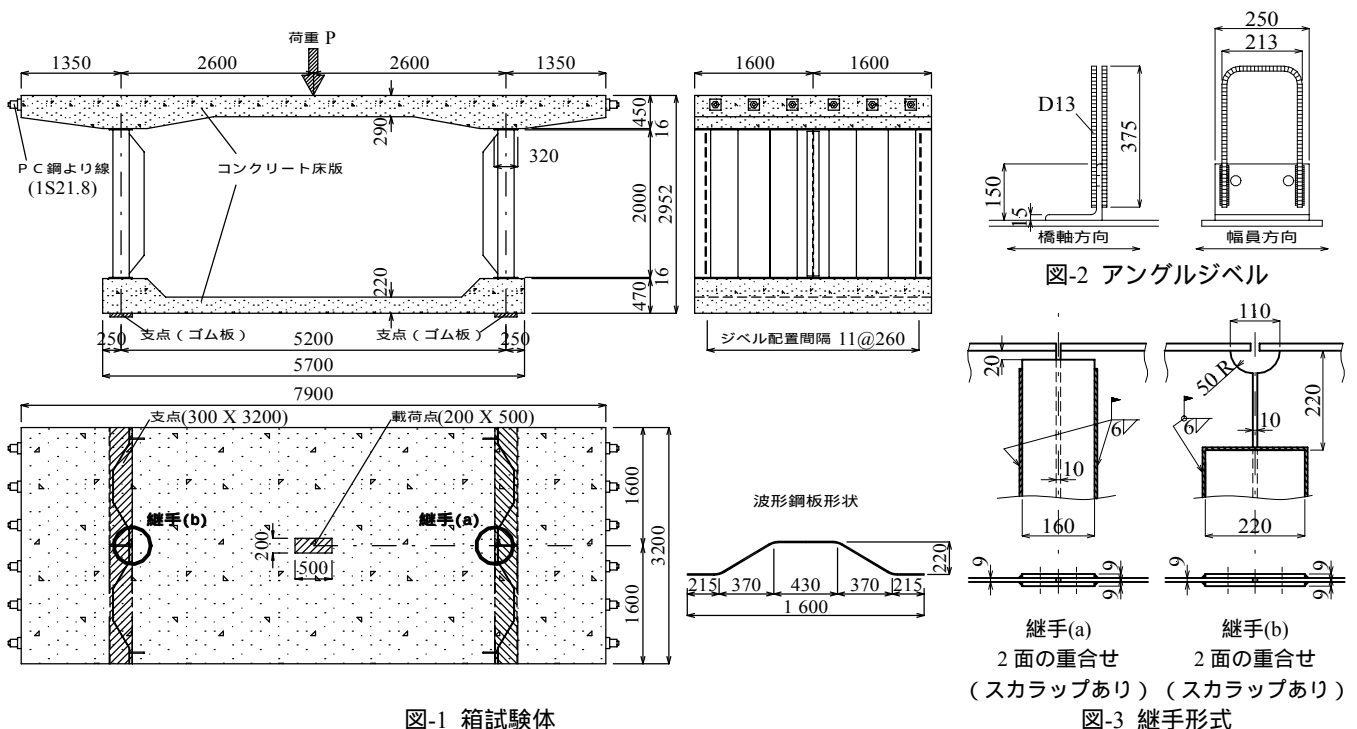
そこで、フランジを有する波形鋼板ウェブ PC 橋について、実物大の箱型試験体を用いた静的载荷試験を実施し、箱断面の変形挙動、面外曲げ作用下での波形鋼板ウェブ現場継手部およびフランジとウェブの首溶接部の応力性状について検討を行った。

2. 試験概要 図-1 に試験に用いた箱試験体を示す。試験体には板厚 9mm の波形鋼板ウェブを用い、上下縁に板厚 16mm のフランジをすみ肉溶接により取り付け、その上に図-2 に示すアングルジベルを設置した。また、中央断面に図-3 に示す 2 種類の継手形式を適用し¹⁾、実橋に即して立向きで施工を実施した。

試験では、上床版上面の中央部に、油圧ジャッキを用いて 94.7kN の荷重を与えた。この荷重値は、事前に行った全橋モデルと試験体モデルの FEM による弾性解析から、スパン 90m 程度の実橋梁において、衝撃係数を考慮した総重量 20tf の大型車が 2 車線同時に载荷された際に生じるフランジの首振り量が、試験体に生じるように決定した。

3. 試験結果 中央断面における上床版と下床版の鉛直変位の幅員方向分布を図-4(a)に、波形鋼板ウェブの面外変位の桁高方向分布を図-4(b)に示す。図中の解析値は、試験体モデルの FEM 解析結果である。図-4(a)より、上床版の変形量は最大 1.3mm であり、解析値よりも大きくなっている。これは、コンクリートのひび割れなど弾性解析では対処できない要因のためと考えられる。一方、ウェブの面外変形は、解析値に比べ継手(b)側が大きくなっている。これは試験体の製作時における箱断面の形状誤差が原因であると考えられる。また、上フランジの首振りについて、ウェブ上と箱断面外の 2 点の測定結果から算出したたわみ角は 0.256° となり、FEM 解析の結果と一致した。

図-5, 6 に継手(a), (b)上部の主応力分布を示す。これより、主応力はすべての測定点で圧縮が卓越しており、鉛直



キーワード：波形鋼板ウェブ、面外変形、膜応力、面外曲げ応力

連絡先：〒114-8562 東京都北区滝野川 1-3-11 (Tel) 03-3915-3301 (Fax) 03-3915-3771

方向を向いていた。また、両継手とも表裏の主応力値に差異があり、ウェブの面外変形に起因した板曲げが生じているものと推測される。そこで、図-7に示すように、ウェブ表裏の鉛直方向直応力を膜応力と面外曲げ応力に分けて整理した。図中の上段の数値が膜応力値であり、下段の括弧内の数値が面外曲げ応力値である（単位はMPa）。

図-7より、ウェブとフランジの首溶接部に着目すると、面外曲げ応力は、継手(a)がウェブの現場溶接線延長上で平均 6.1MPa であるのに対して、継手(b)ではまわし溶接部近傍で平均 8.5MPa となっており、40%ほど大きい。これは、添接板の長さの違いにより、ウェブ端での面外変形に対する拘束の程度が異なることに起因したものと考えられる。また、膜応力を比較すると、継手(b)ではスカラップによって荷重を受ける断面積が減少していることから、継手(a)よりも約 40%応力が大きくなっている。よって、継手位置における首溶接部での発生応力を低減するには、製作性を考慮しながら、なるべくスカラップ幅を狭くし、添接板を長くすることが有効であると考えられる。

また、同図において、継手(a)の立向き溶接止端部と継手(b)の水平溶接部を比較すると、膜応力は両継手とも約 18MPa となっており、ほぼ等しい。しかし、面外曲げ応力は、継手(a)が平均 5.3MPa であるのに対し、継手(b)が平均 2.8MPa であり、約半分となっている。これは、上述した首溶接部と同様、添接板の長さの違いが原因であると考えられる。つまり、継手(b)では、水平溶接部がフランジ下面から 220mm とかなり離れた位置にあり、広い自由縁によって面外曲げが緩和されているのに対して、継手(a)では、溶接止端部がフランジ下面にかなり近い位置にあり、フランジから伝達された面外曲げがほとんど緩和されずに作用しているためであると推測される。よって、ウェブ現場継手部の面外曲げ応力を低減するには、首溶接部の場合とは逆に、添接板を短くし、フランジとの間に広い自由縁を設けることが有効であると考えられる。

4. おわりに 実橋と同じ首振り量が作用するように行った静的載荷試験の結果、波形鋼板ウェブ現場接合位置におけるウェブとフランジの首溶接部については、製作性を考慮しながら、なるべくスカラップ幅を狭くし、添接板を長くすることが発生応力の低減に有効であるということがわかった。しかし、これとは逆に、ウェブ現場継手部に発生する応力を低減するには、なるべく添接板を短くすることが有効であると考えられた。以上より、ウェブ現場継手部のディテールを決定する際には、これらの兼ね合いを考慮しながら、FEM 解析などによる詳細な検討を実施する必要があるものと考えられる。今後は、本試験体を用いた疲労試験を実施して、現場継手部およびフランジとウェブの首溶接部の疲労耐久性について検討していく予定である。なお、本研究を実施するにあたり、早稲田大学・依田照彦教授には数々の有益なご指導をいただき、ここに深く感謝いたします。

【参考文献】1) 勝俣，溝江，町田ほか：波形鋼板ウェブ PC 橋現場継手部の...，第 55 回土木学会年次学術講演会概要集，2000.9.

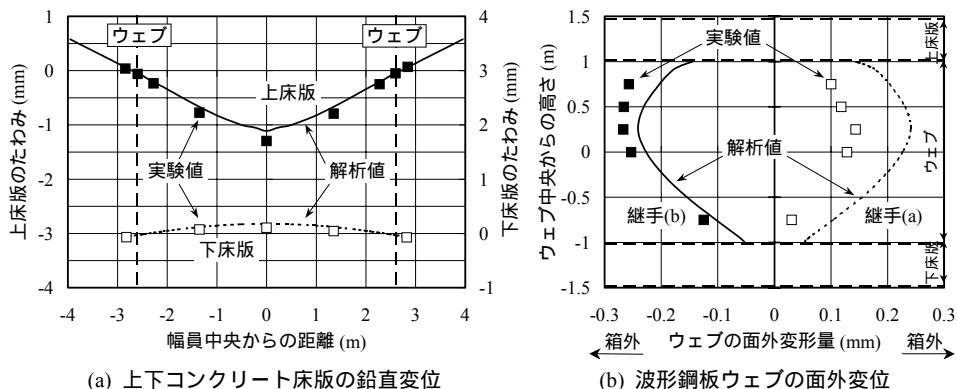


図-4 中央断面でのたわみ変形

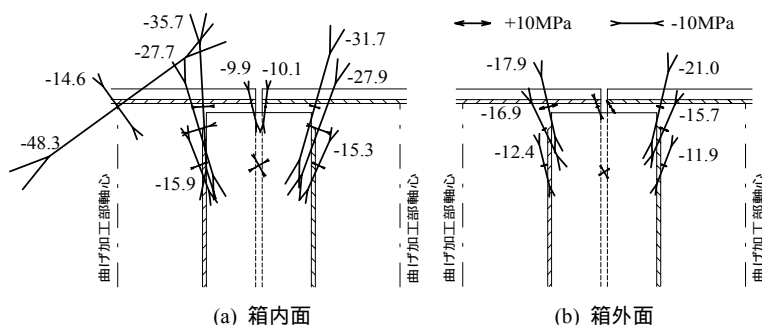


図-5 継手(a)の主応力分布

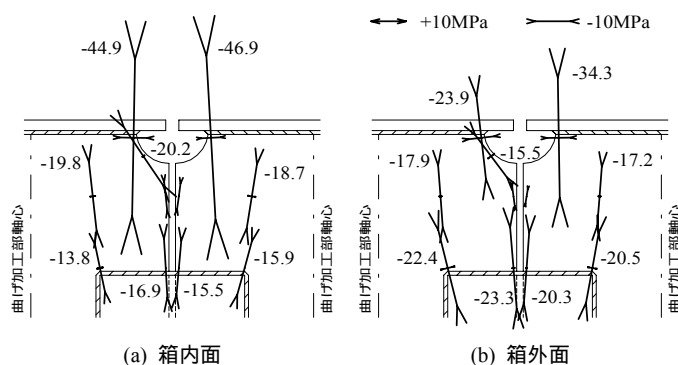


図-6 継手(b)の主応力分布

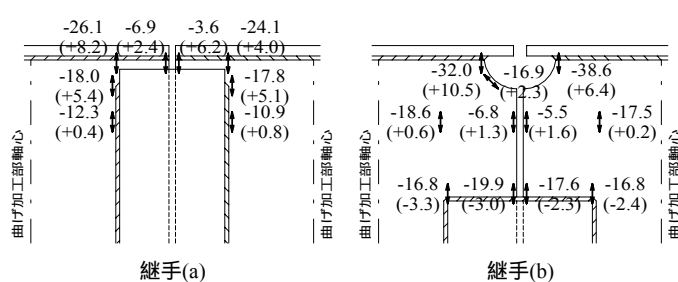


図-7 膜応力および面外曲げ応力