

I-263

合成I桁橋の主桁と横桁との取合部の疲労

日本鉄塔工業株式会社 正員 ○ 松本 信二
 大阪大学溶接工学研究所 正員 堀川 浩甫
 阪神高速道路公団 正員 北沢 正彦

合成I桁橋のウェブギャップの疲労の主たる原因としては、主桁上フランジの首振りによる影響と主桁間の相対変位差による影響が考えられている。

そこで、本研究では第1段階として、ウェブギャップの疲労亀裂の主原因を調査することとした。すなわち、第1段階での試験桁は旧設計基準により製作することとし、Aタイプ(A-1試験桁)は、首振りの影響を(図1に示すフローチャートの実験1)、Bタイプ(B-1試験桁)は相対変位差の影響(実験3)を見ようとした。Aタイプについては床版と等価な剛性をもつH形鋼をボルトにより取付け、その中央に荷重を載荷した。Aタイプの試験桁の概略図を図2に示す。Bタイプは、中主桁の上から直接載荷した。

第2段階においては、影響の大きかった原因について実験を進めた。第1段階の実験ではA-1試験桁に亀裂が生じ、B-1試験桁では亀裂が生じなかったため、現設計基準によるA-2試験桁を製作し、実験を行った。

さらに実験を進めていくうちに、種々、実験を追加した。実験5~8はA-1試験桁を天地逆にして用いた。実験5は断面2次モーメントの異なる3種類のH形鋼を用いて、静的載荷試験を行った。ここでは、H形鋼の剛性(床版の剛性)とH形鋼のたわみ角およびウェブギャップ板の応力の関係を見ようとしたものである。実験6~8はウェブギャップの疲労防止方法を得ようとしたものである。実験9~11ではA-2試験桁を天地逆にして用いた。実験9は実験5と同様のことを行った。

実験9までの疲労試験から得られたことは、応力範囲 $\Delta\sigma$ が約 40kg/mm^2 以上であれば亀裂が発生し、 16.8kg/mm^2 (亀裂が発生しなかった内で最高の応力範囲)以下であれば発生しないということであった。そこで、その間ではどうなのか見るためウェブギャップ板のコーナー部(図2に示すA,

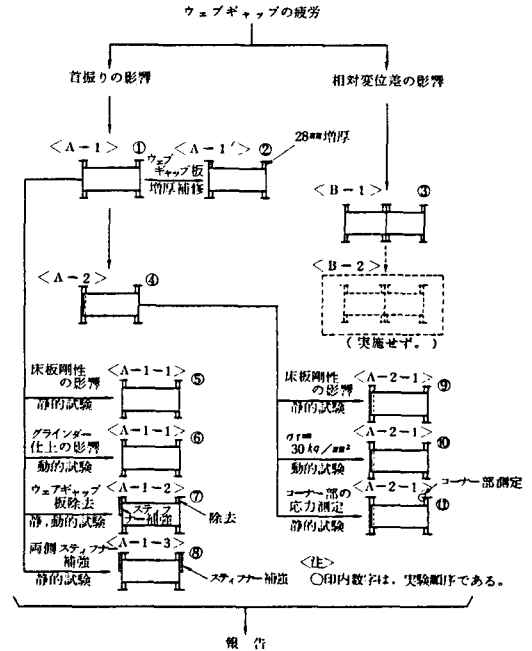


図1 実際の実験フローチャート

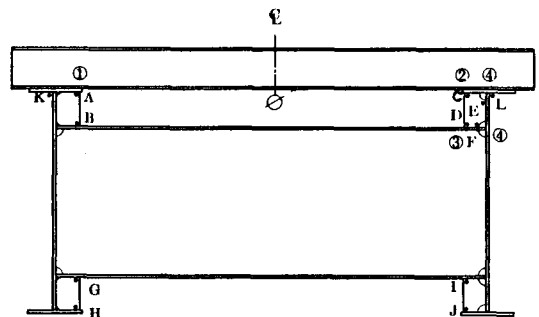


図2 A-1試験桁応力測定位置

C 点に対応)の $\Delta \sigma = 30 \text{ kg/mm}^2$ 前後となるように荷重を設定して疲労試験を行った(実験10)。また、実験でのウェブギャップ板の応力と実橋のウェブギャップ板の応力との間に差があることが実験当初より問題になっていた。原因の一つにひずみゲージを貼る位置が考えられた。そこで、実験11ではウェブギャップ板のコーナー部近傍に密にゲージを貼り、ゲージ位置による変化を調べた。

以上の結果をまとめると、1)首振りの影響を見ようとした A-1試験桁では亀裂が発生し、相対変位差の影響を見ようとした B-1試験桁では当初荷重でも、また、荷重を1.45倍に増加しても亀裂は生じなかった。このことより、ウェブギャップの疲労に与える影響は、前者による影響の方が大きいと思われる。2)旧設計基準により製作した A-1試験桁は、5ヶ所に亀裂が生じた。一方、現設計基準により製作した A-2試験桁は、当初荷重でも、また、荷重を1.8倍に増加しても亀裂は生じなかった。前者は、後者と比較すると、床版剛性が小さく、そのため亀裂が生じたと思われる。3)疲労試験の結果、S-N 線図の勾配は $k=0.185$ が得られた。この値は日本鋼構造協会疲労設計指針の $k=0.18$ および建設省土木研究所の $m=5.376$ に近い値であった。また、S-N 線図より、2百万回の疲労強度を求めると、約 20 kg/mm^2 であった。4)ウェブギャップ板のコーナー部(A,C 点)に生じた亀裂は停留するものと思われる。これは、コーナー部の外的平均応力が圧縮応力であり、亀裂の進展に伴い、残留応力(引張)が解放され、平均応力が小さくなったためと考えられる。5) A-1試験桁で亀裂の生じたウェブギャップ板を板厚 9mmから28mmに増厚補修した。その結果、ウェブギャップ板のコーナー部の応力は、約 1/4に減少し、亀裂は生じなかった。6)すみ肉溶接の止端部をビード仕上することは、応力範囲の大きい箇所では効果がなかったが、応力範囲の小さい箇所で、且つ、スカラップまわし部のように応力集中の高い箇所では効果があった。7)ウェブギャップ板を除去する補修方法は、橋全体の剛性が著しく低下し、主桁上フランジのたわみ角、主桁ウェブの面外変形が大きくなり、主桁のウェブとフランジすみ肉溶接に早期に亀裂が生じた。また、実験では亀裂は生じなかったが、横桁上フランジと主桁ウェブの取付け部に高い引張応力が生じており、亀裂の発生が懸念される。8)主桁ウェブにスティフナーを補強する方法は、たわみ角は減少したが、ウェブギャップ板のコーナー部の応力は期待したほど小さくならなかった。しかし、主桁すみ肉溶接の応力は、たわみ角が減少した影響で小さくなっており、主桁すみ肉溶接の疲労に対しては効果があると思われる。9)ウェブギャップ板の応力状態は、ウェブギャップ板の上部では、主桁上フランジの回転変形による圧縮応力が支配的で、特にコーナー部では高い圧縮応力が出ていた。そして、その箇所(A,C 点)に亀裂が生じた。ウェブギャップ板の下部では、引張応力が高くなり、特に、スカラップ側でこの傾向が見られた。スカラップまわし部の亀裂(E,F 点)は、この影響を受けたと思われる。スカラップまわし部ではビード形状が鋭角になりやすいことなどを考えると、スカラップ構造よりカット埋め戻し構造の方が良いと思われる。10)ウェブギャップ板のコーナー部近傍の等応力線図は、 $\sigma = 30 \text{ kg/mm}^2$ 以上から密になってきており、コーナー部の応力を問題にする時はどの箇所の応力を指しているのか、明確にする必要があると思われる。11)いくつかの試験桁の主桁のすみ肉溶接に亀裂が生じた。この亀裂は、床版のたわみ角が大きく、ウェブの面外変形が大きくなるためによって生じたものと思われる。床版の剛性をあげることで、および主桁ウェブにスティフナーを取付けることが効果的であると思われる。

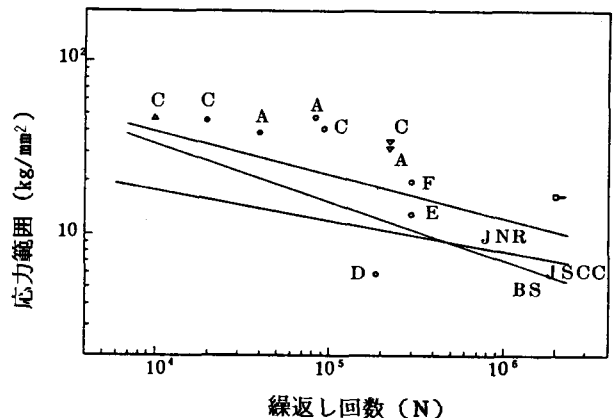


図3 疲労試験結果（発見時で整理）