

2 軸荷重を受ける主桁・横桁接合部の疲労強度

法政大学 学生員○平山 繁幸

法政大学 正会員 森 猛

1. はじめに

従来、I 断面多主桁橋梁の主桁・横桁接合部の疲労強度は、面外ガセット継手を用いた 1 軸疲労試験によって検討されている。しかし、この部分は主桁ウェブ応力と横桁フランジ応力が作用する 2 軸応力状態となることが多いため、そのような条件下で疲労強度を求める必要がある。また、このような研究が行われていない理由の 1 つに、2 軸疲労試験システムを構築することが難しかったことが挙げられる。本研究では、2 軸応力状態を再現する疲労試験システムを構築する。さらに、このシステムを利用した疲労試験と有限要素応力解析を行い、2 軸荷重を受ける主桁・横桁接合部の疲労強度を明らかにする。

2. 2 軸疲労試験システムの構築

試験体の形状及び寸法を図 1 に示す。試験体は主桁ウェブと横桁フランジの接合部を模擬したものである。試験体の製作は、主桁ウェブ中央にガス切断で矩形の穴を設け、横桁フランジを差し込み仮付けした後、CO₂ 溶接法による完全溶け込み溶接で行った。供試鋼材は板厚 9mm の SM490Y である。

2 軸疲労試験機を写真 1 に示す。この試験機は、台座の上に 2 つの独立した試験フレームを設置したものである。2 つのフレームにはそれぞれ 1 つのアクチュエータが設置されており、試験体をこれらのフレームに取り付けることで 2 軸の疲労試験を行うことが可能となる。昨年度も同様なテーマで発表した。そこでは、試験機に板バネを挿入し、それによって主桁ウェブと横桁フランジの左右の軸力差をなくすようにした。しかし、完全に軸力差をなくすことはできなかった。そこで、純粋な 2 軸応力状態で疲労試験を行うために、台座とフレームの間にベアリングを設置した。戴荷に伴い試験フレームが動いた際、試験体に慣性力が働き、予期せぬひずみが作用する恐れがある。この影響を調べるために、試験体にひずみゲージを貼付し、試験機の繰返し速度を変化させてひずみ測定を行った。その際、主桁ウェブ側と横桁フランジ側に 100MPa の応力範囲を同位相で与えた。ひずみ測定結果を図 2 に示す。周波数の低い領域でのひずみ範囲は、周波数が 0 の静的戴荷の場合とほぼ一致しており、周波数によってひずみ範囲が大きく変化する様子も見られない。

3. 疲労試験

先に述べた疲労試験システムを利用して疲労試験を行った。この試験は、主桁ウェブ側の応力範囲を 100MPa で一定として、横桁フランジ側の応力範囲を主桁ウェブ側の 0、0.5、1.0、1.5 倍（以後、2 軸応力

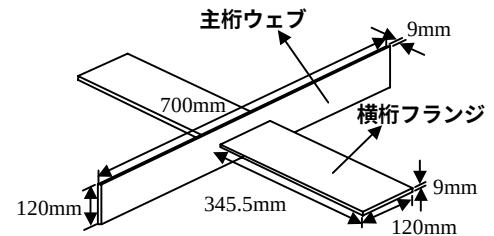


図 1 試験体の形状と寸法

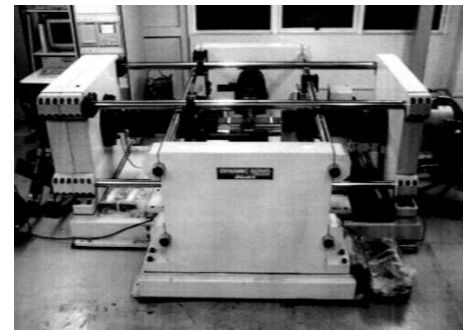


写真 1 2 軸疲労試験機

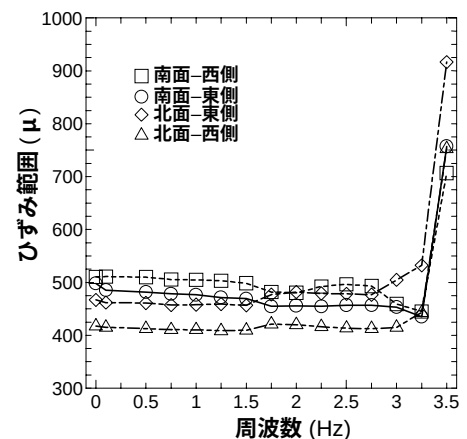


図 2 ひずみ測定結果

キーワード：疲労強度 主桁・横桁接合部 2 軸応力比 2 軸荷重

連絡先：〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学工学部 電話番号 042-387-6279

表1 亀裂発生位置

試験体No.	2軸応力比	亀裂発生面	破断位置
10	1.0	南面	西側
12	1.0	南面	西側
13	1.0	両面	西側
15	0.5	北面	東側
16	0.5	北面	東側
17	0.5	南面	西側
18	1.5	南面	西側
19	1.5	南面	西側
20	1.5	南面	西側

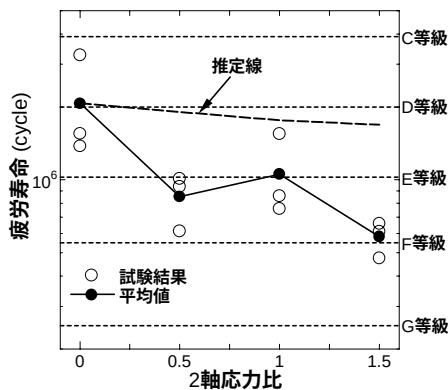
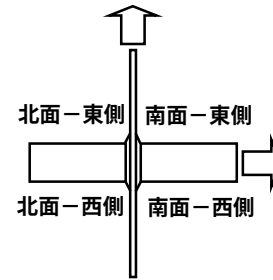


図3 疲労試験結果

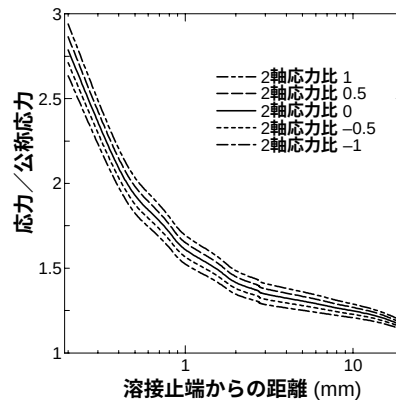


図4 長手方向の応力分布

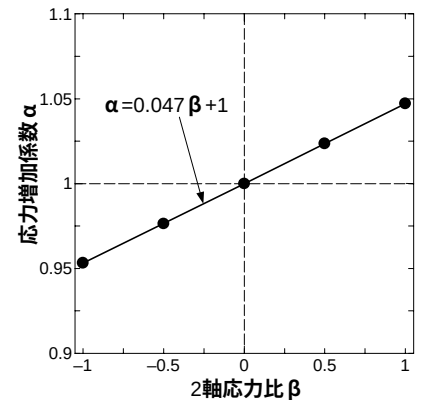


図5 応力増加係数－2軸応力比

比と呼ぶ)とした4つの条件で行った。繰返し速度は前章で示した結果から1.25Hzとした。疲労亀裂は全ての試験体において主桁ウェブ側溶接止端部から発生し、破断に至った。破断面を観察した結果、表1に示すように2軸応力比0.5、1.0、1.5の条件で疲労試験を行った試験体9体の内、6体が南面（アクチュエータ側）、2体が北面（固定端）、残り1体は両面から亀裂が発生していた。疲労試験より得られた疲労寿命と2軸応力比の関係を図3に示す。疲労寿命は2軸応力状態で明らかに低下している。例えば、2軸応力比0の場合、疲労寿命は200万回程度であるのに対し、1.5になると疲労寿命は約60万回と1/3以下に低下した。図中で横に引いた破線は、日本鋼構造協会の疲労設計指針（JSSC 指針）で規定されている各強度等級の応力範囲100MPaに対する疲労寿命を示している。2軸応力比を0から1.5に変化させることで強度等級はE等級からG等級に低下している。

4. 応力解析

疲労亀裂の起点となる主桁ウェブ側溶接止端部近傍の応力性状を調べる目的で、8節点固体要素（最小要素寸法0.2mm）を用いて三次元有限要素応力解析を行った。解析対象は疲労試験に用いた十字試験体である。主桁ウェブ中央で求めた長手方向の応力分布を図4に示す。各2軸応力比での応力分布はほぼ平行となっており、2軸応力比0（1軸応力状態）での応力分布にある値を乗じることにより各2軸応力比での応力分布が求められることになる。この値を応力増加係数 α と呼ぶ。この応力増加係数を溶接止端から板厚の0.3倍離れた位置の応力を基に求めた。応力増加係数 α と2軸応力比 β の関係を図5に示す。両者は線形関係にあり、図中の式で表すことができる。ここで得られた応力増加係数からJSSC指針を利用して求めた疲労寿命－2軸応力比関係を図3中に破線で示す。応力増加係数より推定した疲労寿命は疲労試験結果と大きく異なっている。このように、2軸荷重による疲労寿命の低下は応力増加係数だけでは説明できない。このことは、応力の2軸性により疲労強度が低下していることを意味している。

5. まとめ

主桁・横桁接合部の疲労強度は、横桁フランジからの応力によって主桁ウェブの応力が上昇すること、応力の2軸性により低下する。