

大阪大学 正員 渡田凱夫
大阪大学大学院 学生員 ○小林健三

I. まなび

大阪大学において、昨年来、腹板厚の小さな溶接プレートガーダーに関する一連の実験的研究を行ない、その結果を報告してきた。今回くりかえし荷重下での挙動を知るための、腹板の板厚比を三種に変化させた試験桁を製作し疲労実験を行なった。アメリカにおける同種の研究結果等と比較し本試験結果の概要について報告する。

II. 実験概要

疲労試験に使用した試験桁は、形状比 0.5 に対する種類の板厚比 200, 225, 250 の 4 体で、テストパネルの諸元は表 1 に示した。諸元は曲げ耐力に関する実験に使用したパネルと全く同じものである。疲労実験の場合どの箇所からき裂が生じるのか全くわからないので支持桁を使用せず、支向 7.0 m ガー一体となった試験桁を用いた。試験桁の一般図は図 1 に示す如くで、2 点荷重で一定の曲げモーメントを受ける部分の中央のパネルがテストパネルである。

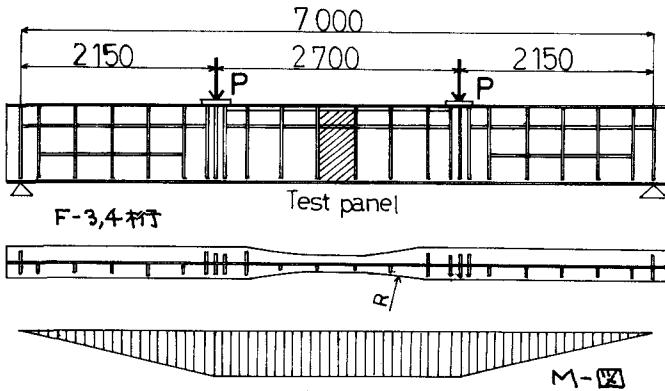


図1 試験桁一般図

	F-1	F-2	F-3,4
材質	SM50A	SM50A	SM50A
腹板厚 (mm)	3.2	3.2	3.2
腹板高 (mm)	640	720	800
補剛材 間隔 (mm)	320	360	400
板厚比	200	225	250
形状比	0.5	0.5	0.5

表1 試験桁諸元

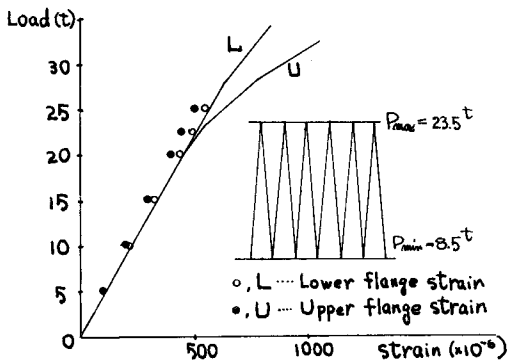


図2 F-3桁フランジひずみ

試験桁	載荷 荷重 P (t)	フランジ 応力 (t/cm ²)	応力 振巾 (t/cm ²)
F-1	P _{min} = 8	σ _{min} = 1010	1390
	P _{max} = 19	σ _{max} = 2400	
F-2	P _{min} = 9	σ _{min} = 998	1330
	P _{max} = 21	σ _{max} = 2328	
F-3	P _{min} = 8.5	σ _{min} = 837	1476
	P _{max} = 23.5	σ _{max} = 2313	
F-4	P _{min} = 10	σ _{min} = 984	1231
	P _{max} = 22.5	σ _{max} = 2215	

表2 載荷荷重、応力振巾

載荷荷重は実橋を参考にして決定した。即ち下限荷重 P_{min} は実橋の死荷重応力から算定した。上限荷重 P_{max} はフランジびずみの直線性を失わない最高の点から選んだ。図2に曲げ耐力試験のフランジびずみと、今回の疲労実験との比較を示す。●が今回の実験値である。このようにして決定した P_{max} , P_{min} 及びこの荷重によって生ずる下フランジ応力、応力振巾を表2に示す。 P_{max} は曲げ耐力試験結果、得られた圧縮フランジ降伏荷重の約60～70%に相当する。動的載荷は毎分260～280回のくりがえしで行なった。

Ⅲ. 実験結果と考察

(1). 疲れきれつ

試験桁のきれつ図を図3～6に示す。又、桁の第1きれつ発生時のくりがえし回数、破壊様式を表3に示す。

試験桁	くりがえし回数	破壊様式
F-1	200.0	テストパネルの垂直スチフナーとウェブの隅肉溶接部のウェブ側に8.0 ^{mm} と4.5 ^{mm} の2本のきれつが発生。その後211.8 ^回 で下フランジに進行し224.1 ^回 でフランジは破断。(図3参照)
F-2	234.0	載荷点外側のパネルの垂直スチフナーとウェブの隅肉溶接部のウェブ側から水平方向と60°の方向にきれつが発生。その後、きれつはウェブの上方へ、ウェブ、下フランジの隅肉溶接部(ウェブ側)に沿って進行するが桁の剛性低下のため248.0 ^回 で載荷を中止。(図4参照)
F-3	190.2	くりがえし回数190.2 ^回 で下フランジの断面変化点でフランジが破断。同時に同じパネル内の垂直スチフナーとウェブの隅肉溶接部のウェブ側に5.4 ^{mm} のきれつを発見。(図5参照)
F-4	130.0	テストパネルの下フランジ側縁のブローホールよりきれつが発生。発見時には4.9 ^{mm} のきれつが131.5 ^回 にはウェブの反対側に進行し、131.9 ^回 でフランジは破断。(図6参照)

表3 試験桁の破壊様式

(2). 薄いウェブの挙動

実験に用いた試験桁は、隅肉板厚比が大きくウェブの横揺れが大きいと予想されたが、大きな側方変形はなかった。これは形状比が0.5と小さいこと、及び水平スチフナーをとりつけたことにより、ウェブのはらみ出しを抑制したものと見られる。図7にテストパネル中央部のウェブの側方変形を示す。図において0^{mm}はウェブの初期変形を表わしている。

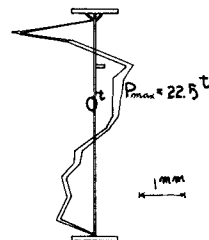


図7 F-4桁のウェブ側方変形

(3). 試験桁の剛性の変化

くりがえし回数が増えるにつれて、即ち桁が疲労するにつれて桁の曲げ剛性がどのように変化するかを、桁のために、フランジびずみの点から調べた。きれつを生じるまでは、静的な曲げ剛性は変化しないことがわかった。

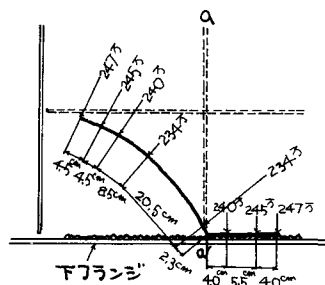
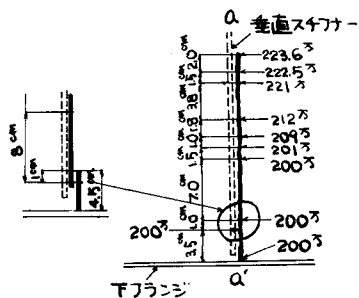
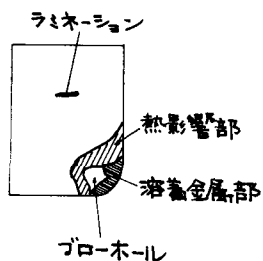
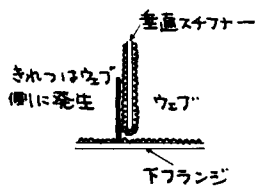


Figure 1: Schematic diagram of the test specimen. The top part shows a side view of a beam with two point loads P applied at the ends. The bottom part shows a cross-section of the beam, which is a rectangular box with a central opening. The dimensions of the opening are 210mm by 190mm. The text "(190.2 平方)" is written next to the opening. The label "下フランジ断面変化点" points to the bottom flange of the opening.



(4). グローホール

F-4桁は、くりがえし回数 $130^{\text{回}}$ と非常に早い回数で引張フランジ側縁からきれつが発生し、破断した。実験後、詳しく調べたところ、図6に示した如く溶接補修時の切り欠きによるグローホールがあり、これがきれつの原因となった。

IV. 既往の研究結果との比較

(1). Topracの研究^②

Topracは実物大のHybrid-Girderの疲労実験を行ない、純曲げを受ける桁に対して疲労きれつを表4のように分類している。この分類法に従って今回の実験結果を整理すると、F-1桁は2型、F-3桁は2型と3_a型、F-4桁は3_b型となる。F-2桁は載荷点外できれつを生じ、曲げとせん断を受けていることになり、この分類にはあてはまらない。1型きれつはプレートガーダー特有のもの^③あるが、今回の実験ではウェブの側方変形が小さかったためこのきれつは生じなかった。

(2). Gurneyの研究^③

Gurneyは小型のプレートガーダーを用いて、純曲げを受ける場合、曲げとせん断を受ける場合のS-N線図を求めた。図8に主応力振巾で表わしたS-N線図を示す。BM系は純曲げを受ける系列、BS系は曲げとせん断を受ける系列のS-N線である。今回の実験値を●でプロットしてあるが、比較的良好に合っているように思われる。

種別	きれつの発生状況とその特性
1型	ウェブの側方変形に起因し、ウェブの凸変形(引張部)に発生する。桁の耐荷力に影響しない。
2型	スチフナー溶接止端部に発生し、上下に発達する。1型より進行が速く、引張フランジに達したとき終局破壊を招く。
3 _a 型	フランジウェブ溶接線に発生、隅肉溶接とけい部部の応力集中に起因。
3 _b 型	引張フランジの側縁に発生、桁製作時の微細切り欠きに起因。
3 _c 型	引張フランジの断面変化点に発生、断面変化による応力集中に起因。

表4 Topracのきれつ分類表

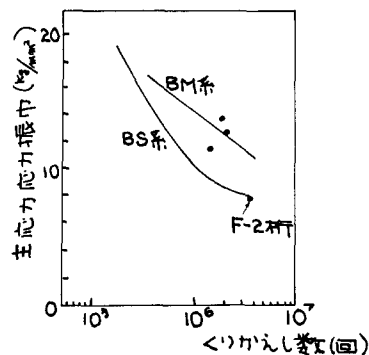


図8 主応力振巾で表わしたS-N線図

参考文献

- ①. 前田, 久保, "プレートガーダーの曲げ耐荷力に関する実験的研究"
第23回土木学会年次講演概要集 S43
- ②. H.S.Lew, A.A.Toprac, "Fatigue Strength of Hybrid Plate Girders under Constant Moment"
Hyway Research Record, No 67, 1967
- ③. T.R. Gurney, "Investigation into the Fatigue Strength of Welded Beams"
British Welding Journal, Sep, 1962