

I-20 80 kg/mm² 高張力鋼梁の曲げ疲労試験

鉄道技術研究所 正員 ○伊藤 文人
 本州四国連絡橋公団 正員 田島 二郎
 鉄道技術研究所 西郷 勘次郎

1. はじめに

わが国に抗張力80 kg/mm²級の構造用高張力鋼があらわれてからすでにかなり経過している。それにもめめわらず、これを鉄道橋の材料として使用することは、いまだに国鉄の設計標準に採り入れられていない。高張力鋼の使用が一般的には受け入れられない理由には種々あるが、要するに経験の不足と試験・研究の積み重ねの不充分さによる信頼感の欠如に根本の原因があり、鉄道橋としては見逃がすことのできなない疲れ強さの問題についてもまた同様である。そこで筆者らは、垂直補剛材を有する溶接I型組み立て梁6体を80 kg/mm²級の鋼材で製作し、曲げ疲労試験を行なってその挙動を観察するとともに、他のいくらかの小型試験片による結果と比較をおこなって二・三の結果を得たので、その概略につき報告する。

2. 試験体

この試験で目的とした事項は2つあり、その1つは腹板とフランジを結合するすみ肉溶接部の曲げ応力による疲れ強さ、他は腹板に溶接された補剛材による疲れである。後者は普通リブ付十字型前面すみ肉継ぎ試験片による疲れ試験結果と同じ疲れ強さを持つものと仮定して設計に採り入れられているが、腹板にせん断力が働くと最大主応力の方向は補剛材と直交しなくなるから、主応力方向による影響を確かめておくことが必要と考えられたものである。したがって、補剛材は最大主応力方向が梁の中立軸と平行すると考えられる純曲げ領域と、せん断力を受けてそれが傾く領域のそれぞれに配置することが必要であった。このような考え方で設計されたのが、図-1に示す試験体である。設計にあたっては主として本州四国連絡橋技術調査委員会¹⁾と建設省土木研究所²⁾が報告しているデータを利用し、腹板とフランジの間の疲れ強さは16~20 kg/mm²、補剛材取り付け部は10~13 kg/mm²で

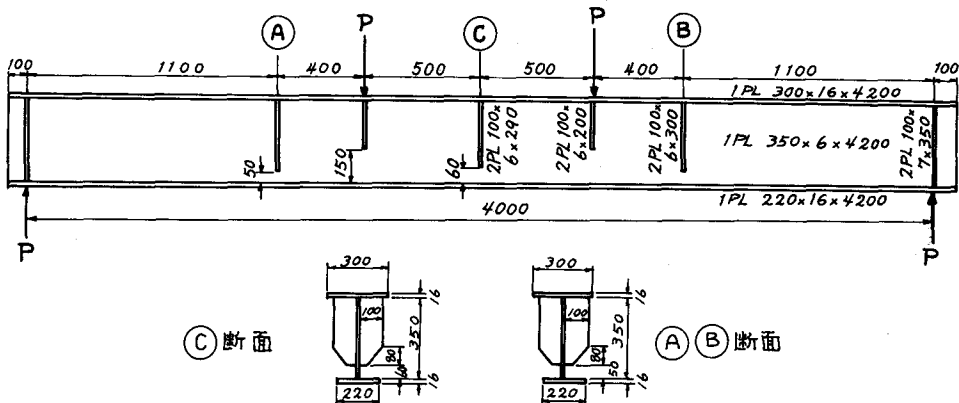


図-1 試験体の主要寸法

あると想定して寸法を決めた。なお、試験体の No.1から No.4までは腹板とフランジの溶接をすみ肉溶接とし、No.5とNo.6は完全溶け込みのK溶接とした。

鋼材は川崎製鉄のRiver Ace K-0であり、試験体の製作は川崎重工業の加古川工場でおこなった。

3. 試験の経過ならびに結果

試験にはローゼンハウゼン型大型疲労試験機(森試験機製)を用い、動的載荷時の荷重繰返し速度は毎分200回とした。

荷重の大きさは試験機のメータで読むほめ、載荷突に挿入したロードセルの指示で確かめ、両者が一致しない場合にはロードセルを信用することにした。

ひずみは図-1のA, B, C3断面で測定し、静的試験ではC断面のためみも測った。

各試験体とも、それぞれ初めに静的弾性試験を実施してから疲れ試験に移行したが、静的試験ではC断面の最大主応力方向が測定精度の範囲内で水平方向であること、各測定点のひずみが荷重に対して良好な直線関係を持つこと、たわみの測定値が計算値と良く一致することなどが確認された。

動的試験の結果、発生したひび割れの状態は図-2のとおりであった。図中ひび割れの傍に記入した数値は、ひび割れがそこまで達した荷重繰返し数を 10^4 回単位で示したものである。載荷突位置

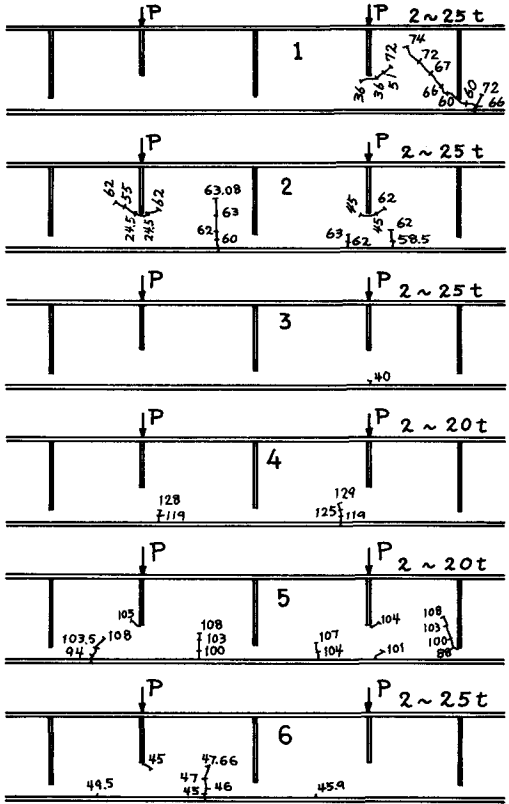


図-2 試験体に発生したひび割れ

の調節によって腹板表裏の応力を完全に一致させることが極めて困難であったため、最初のひび割れは層々載荷断面の補剛材下端に生じたが、これは荷重の偏心による腹板の繰返し面外曲げによるものである。ただし、このひび割れの成長速度は他のものに比べてかなり遅い。

問題の補剛材下端にはNo.1とNo.5にしかひび割れを生じなかつた。とくにC断面にはまったく異常を生じなかつた。すべての試験体の寿命は腹板とフランジの溶接部に

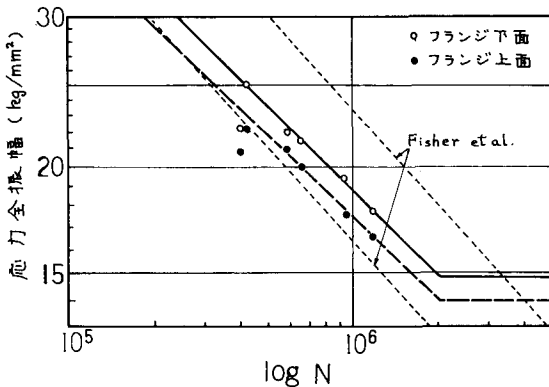


図-3 腹板・フランジ溶接部のS-N曲線

表 - 1 溶接組立梁疲労試験成績

試験体 番号	断面寸法 (mm)	断面積 (cm ²)	I (cm ⁴)	荷重 (t)	計算応力全振幅(kg/mm ²)		初きれつ 発見回数	最終破断 回数
					C 断面	AB 断面		
1	1-PL 300x16.8 1-PL 350x 6.9 1-PL 220x16.8	111.6	31327	2 - 25	$\sigma_1 = 23.55$ $\sigma_2 = 21.70$ $\sigma_3 = 15.10$ $\sigma_{3p} = 15.10$	$\delta_1 = 17.28$ $\delta_2 = 15.92$ $\delta_3 = 11.07$ $\delta_{3p} = 16.55$	$\times 10^4$ 36.0	$\times 10^4$ 74.02
2	1-PL 300x16.9 1-PL 350x 7.2 1-PL 220x16.9	113.1	31283	2 - 25	$\sigma_1 = 23.58$ $\sigma_2 = 21.71$ $\sigma_3 = 15.10$ $\sigma_{3p} = 15.10$	$\delta_1 = 17.29$ $\delta_2 = 15.93$ $\delta_3 = 11.02$ $\delta_{3p} = 16.17$	24.5	63.08
3	1-PL 300x16.9 1-PL 351x 7.0 1-PL 220x16.8	112.2	31923	2 - 25	$\sigma_1 = 23.06$ $\sigma_2 = 21.23$ $\sigma_3 = 14.75$ $\sigma_{3p} = 14.75$	$\delta_1 = 16.90$ $\delta_2 = 15.58$ $\delta_3 = 10.82$ $\delta_{3p} = 16.22$	40.0	----
4	1-PL 300x17.0 1-PL 350x 7.0 1-PL 220x16.9	112.7	31647	2 - 20	$\sigma_1 = 18.29$ $\sigma_2 = 16.85$ $\sigma_3 = 11.73$ $\sigma_{3p} = 11.73$	$\delta_1 = 13.41$ $\delta_2 = 12.36$ $\delta_3 = 8.60$ $\delta_{3p} = 12.82$	119.0	129.4
5	1-PL 300x17.0 1-PL 350x 7.0 1-PL 220x17.0	112.9	31739	2 - 20	$\sigma_1 = 18.22$ $\sigma_2 = 16.77$ $\sigma_3 = 11.66$ $\sigma_{3p} = 11.66$	$\delta_1 = 13.36$ $\delta_2 = 12.29$ $\delta_3 = 8.55$ $\delta_{3p} = 12.78$	88.0	108.29
6	1-PL 300x16.8 1-PL 350x 6.9 1-PL 220x16.9	111.7	31306	2 - 25	$\sigma_1 = 23.52$ $\sigma_2 = 21.67$ $\sigma_3 = 15.05$ $\sigma_{3p} = 15.05$	$\delta_1 = 17.25$ $\delta_2 = 15.88$ $\delta_3 = 11.03$ $\delta_{3p} = 16.53$	42.5	47.66

注) σ_1 : 下フランジ下面応力 σ_2 : 下フランジ上面応力 σ_3 : 補剛材下端張軸方向応力
 σ_{3p} : 補剛材下端最大主応力

生じたひびわれによって決定された。このひびわれの成長速度は早い。No.3では腹板の面外曲げ変形をおさえるために載荷断面補剛材と下フランジの間にクサビを入れて突張らせていたところにひびわれを生じたので、試験を中止した。得られた結果をまとめたのが表-1である。なお、表-1の断面諸量は実測寸法によるものであり、応力値はこの実測寸法にもとづく計算値である。

4. 腹板とフランジ溶接部の疲れ強さ

腹板とフランジの溶接部にはじめてひびわれが発見された荷重繰り返し数と、中央断面下フランジ

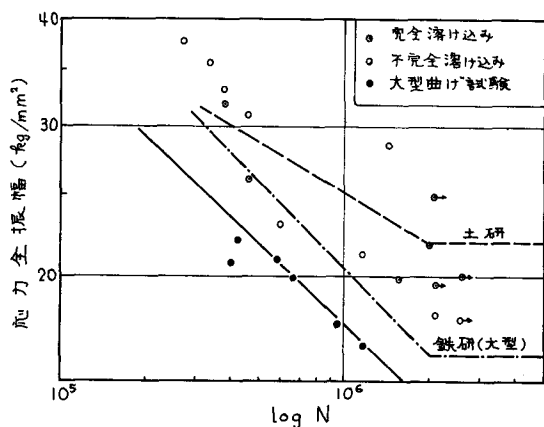


図-4 縦ビード溶接継手試験との比較

における測定応力値の関係を示したのが、図-3である。フランジ上面応力と下面応力のそれぞれにつき、かなり良い直線状S-N曲線が得られ、 2×10^6 回の平均疲れ強さはそれぞれ13.8 kg/mm²と14.8 kg/mm²であつて、予想よりかなり低い。最近アメリカで行なわれた類似の曲げ疲労試験結果³⁾に報告されたS-N曲線のバラツキの範囲は図中点線で示したとおりであり、その実験ではフランジ下面応力を用いていることを考えれば、筆者らの結果と極めて良く一致している。しかし、縦ビード継手試験片に

よる試験結果との比較(図-4)では、曲げ試験の結果はどの小型試験片による結果より小さく、大型試験片を用いたもの⁴⁾よりさらに低い。

5. 補剛材端の疲れ強さ

図-5は筆者らの実験の他に最近おこなわれた川崎製鉄における実験結果⁵⁾を並記したものであつて、筆者らの実験における破壊例は少ないが、45°方向を含めたりブ十字継ぎによる結果と同じ領域に入る。縦軸には最大主応力の変動範囲をとつたので、最大主応力に着目するみぎり、補剛材端とリブ十字すみ肉継ぎは同等であり、少なくとも45°傾斜するまでは実用上方向の影響は無視して良さそうである。なお、図-6に前記土研の報告したものと、最近公表された他の実験結果⁶⁾との比較を示した。これらの間に差を生じた理由は明らかでないが、筆者らの結果はその中間の位置を占めている。

6. おわりに

おわりに当り、未発表の試験データを図-4と図-5に引用することをこころよく認めて下さった川崎製鉄株式会社の関係者の方々に、心から謝意を表したい。

7. 参考文献

- 1) 土木学会・本州四国連絡橋技術調査委員会, 技術調査報告書付属資料3, 土木学会, 昭和42年7月.
- 2) 建設省土木研究所, 昭和39年度本州四国連絡架橋材料構造調査資料, No.30, 昭和39年9月
- 3) Fisher, Frank, Hint and McNamee, Final Report, National Cooperative Highway Research Program, Project 12-7, Fritz Engineering Laboratory Report No.334.2, Lehigh University, 1969年9月
- 4) 伊藤・江口, 鉄道技術研究所速報, No.67-88, 昭和42年4月
- 5) 川崎製鉄技報, Vol.3, No.4, 1971年10月(発行予定)
- 6) 木田・江口・出口・小原, 鉄道技術研究報告, No.740, 1971年1月

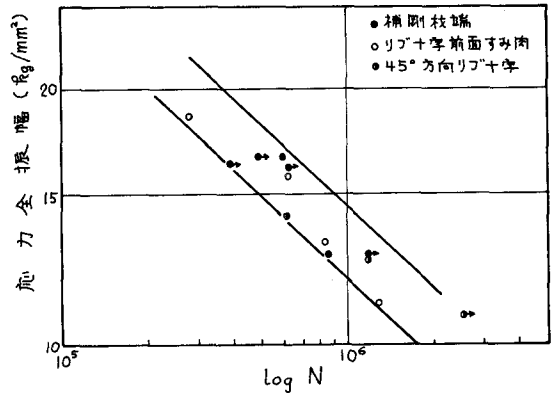


図-5 補剛材端部疲れ強さとリブ十字すみ肉継ぎ試験片の疲れ強さ

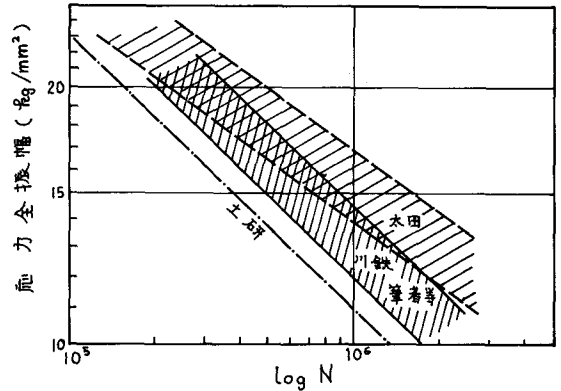


図-6 リブ十字すみ肉継ぎ疲れ試験の実験者による成績の比較