

建設機械化研究所 正員 伊藤 文夫
 本州四国連絡橋公団 正員 山岸 一彦
 東京工業大学 正員 三木 千寿

1. はじめに 弦材かど溶接部を対象とした大型疲労試験はこれまでに縦ビート溶接継手とトラス格点構造供試体、ボックス断面供試体があり主に調質鋼を用いてかど溶接部の疲れ強さを検証してきた。これらの試験体のほとんどが溶接ルート部に存在したブローホールやルートの凹凸より疲れきれつが発生し破断に至っておりブローホール等の溶接欠陥が疲れ強さを低下させる要因となっている。本報告はこのブローホールに着目し、人工的にブローホールを発生させたボックス断面供試体によりブローホールの疲れ強さに及ぼす影響を定量的に把握することを目的としたものである。

2. 試験体および試験方法 試験体は試験対象区間として中央部に1mの平行部を有する外形300mm×130mmの箱形断面である。(図-1) 非調質鋼でも大型構造部材とした場合、調質鋼を用いたかど溶接部と同様にその疲れ強さが低下することが考えられるため供試鋼材にはSM50Y材を用いた。(表-1, 表-2) 試験体は3体であるが製作方法の相違点を以下に記す。①ルートギャップはBG-1では4溶接線中2線が1mm他の2線は0.5mm以下としBG-2, -3は4溶接線とも0.5mm以下とした。②開先面の清浄度はBG-1ではエンドレスペーパー36#にて1回研磨としBG-2, -3は同じく36#にて3回研磨を行った。③ブローホールの目標サイズはBG-1において特別配慮せず、BG-2は高さ方向で1.5mm、BG-3は0mmつまり無欠陥とした。これまでのボックス断面供試体とともに溶接要領を表-3に示す。試験は応力比 $R=0$ とした。

3. 試験結果と考察 HT80材を用いたボックス断面供試体およびSM50Yを用いた大型試験体の疲労試験結果とともにBGタイプの疲れ強さを図-2に示す。(床トラス下弦材(IBFL)は板厚の8割まで進展した場合の推定寿命を用いた。) BG-1は $\Delta\sigma=17.5\text{ kgf/mm}^2$ にて試験したところルート部のブローホール(3.7mm×5.0)を起点とし118.7万回にて破断した。これは同じく1.8mm×2.5mmのブローホールを起点として破断したBB-1供試体と同程度の疲れ強さを示している。BG-2は $\Delta\sigma=18.2\text{ kgf/mm}^2$ にて300万回で破断しなかったため $\Delta\sigma=22.1\text{ kgf/mm}^2$ に応力範囲を上げたところ123.6万回にてウ

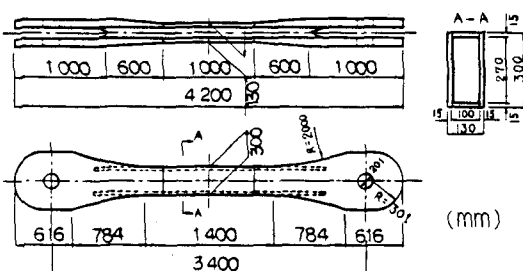


図-1 試験体の形状

表-1 鋼材の機械的性質 (ミルシートより)

材質	板厚 (mm)	σ_y (kg/mm^2)	σ_B (kg/mm^2)	伸び (%)	衝撃値 (kg/m)	備考
SM50YA	50	41	54	37		ピンプレート
SM50YA	15	42	54	28		主材

表-2 鋼材の化学成分 (ミルシートより)

材質	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Al	Ce	備考
	x100				x1000			x100				x100000		
SM50Y	15	38	134	10	1								40	t=50mm
SM50Y	15	31	142	9	2								40	t=15mm

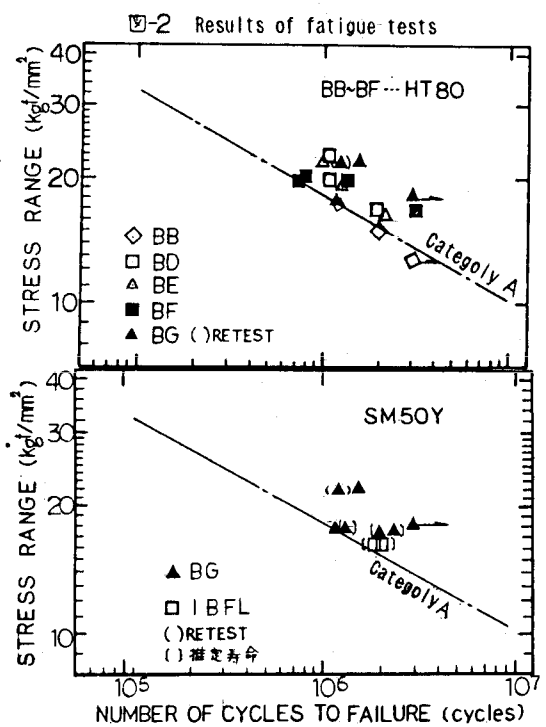
表-3 溶接要領

T.P	BB	BD	BE	BF	BG
主材	HT80	HT80	HT80	HT80	SM50Y
溶接法	SAW	MIG	2極SAW	SAW	SAW
材料	US-49 MF-38	MGS-63B Ar80, CO ₂ 20	KW-103B KB-80c	US-49 MF-63	Y-D YF-15
開先形状					
パス数	1	3	1	1	1
電流(A)	730	350	先 900, 560	600	700
電圧(V)	31	26	先 28, 31	30	32
速度(cm/min)	35	30, 40, 35	60	45	35
仮付け	CO ₂ MG-60	MIG MGS-50M	TIG MGS-63	MIG MGS-50M	MAG YM-28S

エプ板継ぎ部付近のルート部と試験体表面エッジの2ヶ所よりきれつが発生し破断した。この位置での応力範囲は $\Delta\sigma = 21.7 \text{ kgf/mm}^2$ であった。かど溶接部からの疲れきれつはルート部に欠陥らしきものは存在していないが試験体表面からの疲れきれつは面取りのためのグラインダー傷を起点としていた。また破断面には $\Delta\sigma = 18.2 \text{ kgf/mm}^2$ の試験中に入れたピーチマークは観察されず $\Delta\sigma = 18.2, N = 300 \times 10^4$ ではほとんど疲労被害を受けていなかったものと思われる。BG-3は $\Delta\sigma = 22.1 \text{ kgf/mm}^2$ で試験を行ったところかど溶接ではなくフランジ内面の微小な表面傷よりきれつが発生し156.9万回に破断した。SM50YのS-N線(図-2)には破面試験により見つかった潜在疲れきれつおよび床トラス下弦材での疲れきれつをもプロットしているがこの場合の疲れきれつの起点はすべてブローホールであった。また図-2はブローホール寸法が大きくなることにより疲れ強さが低下することを示唆するものでありBGタイプの疲れ強さはブローホール寸法が小さい場合には調質鋼を用いた同形状のボックス断面供試体の疲れ強さの上限値程度を示している。

溶接線に沿ってルートを開く破面試験の結果を表-4に示す。BG-1のルートギャップを1mmとした2溶接線においてはルート線の凹凸が大きいたれ込みも見られ短径2mmを越えるブローホールは20ヶ所(最大7.4×6.9)みつかった。ルートギャップを0.5mm以下とした2溶接線ではブローホールの数が多いがその大きさはほとんど1mm以下である。BG-2, -3では故意に欠陥を入れたBG-2に1.7×1.1のブローが確認された他はブローホールは少なく大きさも小さい。

4. まとめ 非調質鋼(SM50Y)を用いたボックス断面供試体による疲労試験の結果より得られた主な所見は以下の通りである。①すべての試験結果は非調質鋼のかど溶接部における設計基準A等級を満足している。②ルートギャップ、開先面の清浄性等の施工管理に留意すれば調質鋼(HT80)を用いたボックス断面供試体の疲れ強さの上限値程度の疲れ強さは確保できるとと思われる。③非調質鋼においてもルート部のブローホールが大きくなると疲れ強さは低下するが小ブローホールと大ブローホールの疲れ強さの差は調質鋼に比べて小さい。(参考図-3)④非調質鋼のかど溶接部における設計基準A等級に対するブローホール許容欠陥寸法(短径)は2.0mm程度と考えられるが今後更に検討が必要である。



試験体 NO.	応力範囲 (kgf/mm²)	破断寿命 (×10⁴)	ブローホールの大きさ (mm)		き裂つなし
			破断き裂つ	潜在き裂つ	
BG-1 ①	17.5	118.7	—	5.0×8.0	短径 d ≤ 1.0...58 1.0 < d ≤ 2.0...2 d > 2.0...2
BG-1 ②			3.7 × 5.0	3.9×6.2 3.0×3.5	d ≤ 1.0...16 1.0 < d ≤ 2.0...10 d > 2.0...20
BG-2	18.2 22.1※	>300 123.6	ルート部と 母材表面	—	1.7×1.1
BG-3	22.1	156.9	母材表面	—	d ≤ 1.0...8

