

アンダーカットを有する十字すみ溶接継手の疲労強度

法政大学大学院	学生会員	○西川 祥央
法政大学	正会員	森 猛
日本橋梁建設協会	正会員	山田 浩二

1. はじめに

鋼道路橋には、垂直スチフナーの取り付け部など、十字すみ肉溶接継手とみなすことのできる接合部も多く、またそれらの部位の疲労強度を確保するためには、アンダーカットの存在は望ましくないとされている。例えば、道路橋示方書には「アンダーカットの深さは、0.5mm 以下でなければならない。」と記されており、またその解説には「アンダーカットは応力集中の主因となり、腐食の促進にもつながるので、過去の実績等から、0.5mm 以下としたものである。」と記されている。さらに、解説では、疲労に関する事項については「鋼道路橋の疲労設計指針」が参考にできる、と述べられている。その指針では、十字すみ肉溶接継手の疲労強度等級をアンダーカットの深さが 0.3mm 以下の場合 E、0.3mm を超え 0.5mm 以下の場合 F 等級としている。

アンダーカットの存在とその形状・寸法が十字すみ肉溶接継手の疲労強度に及ぼす影響を明らかにする目的でレーザー変位計を用いたアンダーカットの形状・寸法の測定、そしてモデル試験体の疲労試験と応力解析を行い、それらの結果を昨年度報告した。ただし、疲労試験に用いた試験体は、アンダーカットなしで 2 体、アンダーカットありで 4 体のみであり、また応力範囲はすべて 200N/mm^2 であった。本年度は、応力範囲 - 疲労寿命関係 ($\Delta\sigma - N$ 関係) が示せる程度の数の試験体を用いて行った疲労試験の結果を、昨年度報告した疲労試験結果と併せて報告する。さらに、その結果に基づき、アンダーカットの存在およびその深さが疲労強度に及ぼす影響について検討する。

2. 試験体

供試鋼材は板厚 12mm の溶接構造用鋼材 SM490Y (降伏応力: 410N/mm^2 、引張強度: 550N/mm^2 、伸び: 26%) である。この鋼材を用いて図 1 に示す寸法のリブ十字すみ肉溶接継手試験体を作成した。溶接は、試験体端部にエンドタブを設け、フラックスコアワイヤ JIS Z3313 YFW-C50DM を用いて CO_2 溶接により水平姿勢で行った。溶接後、ガス切断でエンドタブを取り除いた後、その面をディスクグラインダーで仕上げた。溶接時の電流は 250A、溶接電圧は 33V、溶接速度は 40cm/min である。溶接止端部にアンダーカットを設ける場合には、運棒方法を工夫している。

試験体の形状と寸法を図 1 に示す。試験体は、アンダーカットを含まない試験体 9 体と故意にアンダーカットを生じさせた 13 体の計 22 体である。アンダーカットの形状・寸法は、図 3 に示すように、その深さ d 、長さ L 、表面での開口幅 w 、切欠き底の曲率半径 ρ で定義した。なお、これらの測定はレーザー変位計を用いて行った。試験体一般部の曲率半径 ρ は平均で 1.4mm、フランク角 θ は平均で 116° であった。

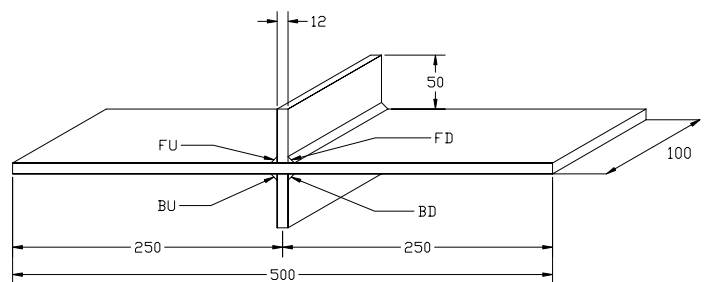


図 1 試験体の形状と寸法



図 2 アンダーカットの外観

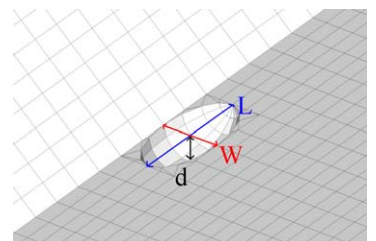


図 3 アンダーカットの形状・寸法の定義

キーワード 十字すみ肉溶接継手、疲労強度、アンダーカット、応力集中

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 TEL042-387-6287

3. 疲労試験

疲労試験は、動的能力 500kNの電気油圧サーボ式材料試験装置を用いて軸引張荷重下で行った。繰り返し荷重は、下限荷重を 10kN(8.3N/mm²)とし、応力範囲が 125~250N/mm² となるように上限荷重を設定した。応力波形は正弦波、繰り返し速度は 8~15Hz とした。

疲労試験結果を図 4 に示す。図中の実線は、アンダーカットのない試験体 (NUN 試験体) の疲労寿命 N に対する応力範囲の $\Delta \sigma$ の回帰直線である。また、アンダーカットを有する試験体 (UN 試験体) については、その試験体に含まれる最も深いアンダーカットの深さによってマークを変えている。UN 試験体の疲労強度は、NUN 試験体に比べて低くなっているものの、その差は 10%以下にすぎない。また、深いアンダーカットを含む試験体の方が浅いアンダーカットを含む試験体よりも低い傾向も認められるが、その差は小さい。ただし、低応力範囲レベルでは、アンダーカットの有無およびその深さの影響が顕著となる傾向も認められる。

図 5 は、疲労破壊起点となったアンダーカットの深さによって、マークを変えて疲労試験結果を示したものである。また、表 1 は、アンダーカット試験体に含まれるアンダーカットの形状・寸法と破壊起点を示したものである。アンダーカットと有していても一般部から疲労き裂が生じた試験体も多い。また、疲労強度に対するアンダーカット深さの影響も認められない。

4. おわりに

数少ない試験体の疲労試験ではあるが、アンダーカットの存在とその深さが疲労強度に及ぼす影響は小さいという結果が得られた。さらに、疲労試験の数を増やすとともに、形状・寸法と応力集中との関係などについて検討する予定である。

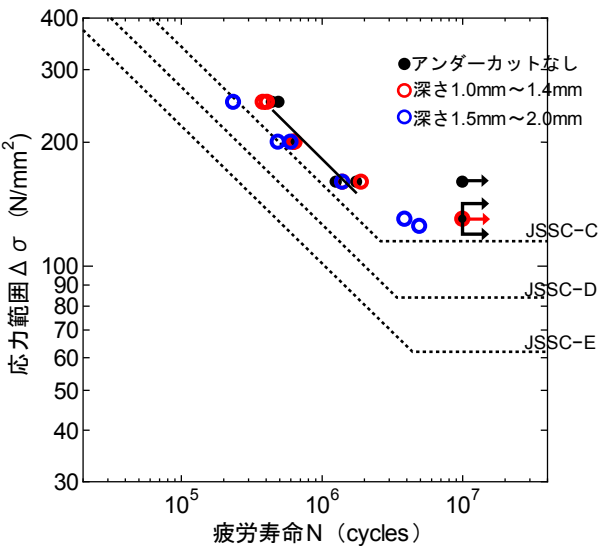


図 4 疲労試験結果 (その 1)

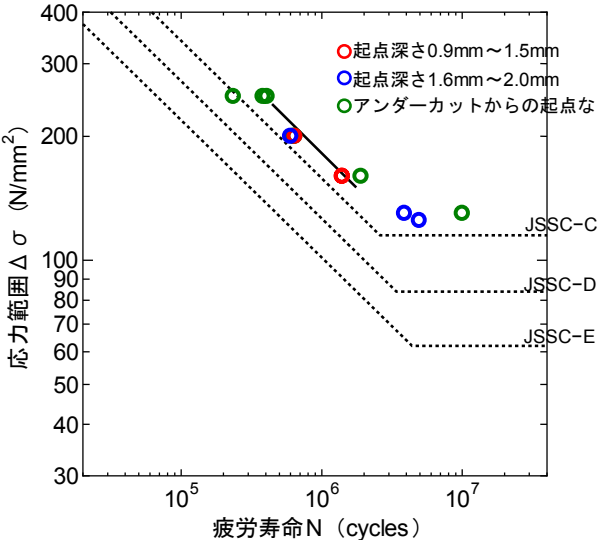


図 5 疲労試験結果 (その 2)

表 1 アンダーカット有する試験体のアンダーカット形状・寸法と疲労破壊起点

試験体番号	$\Delta \sigma$	N(万回)	アンダーカット寸法(d, w, ρ, L)			
			FU	FD	BU	BD
1	125	494.1	▲(1.9, 3.4, 0.2, 12)			(1.3, 2, 1.0, 10.2)
2	200	62.7	(1.4, 5.1, 2.0, 8.4)	◎		
3	200	64.4	(1.1, 2.6, 0.2, 8)			(1.0, 2.3, 0.6, 8.2) ◎
4	200	48.8	(0.5, 2.6, 2.1, 11.2)	▲(1.5, 3.9, 1.3, 14) ◎		
5	200	60.0	▲(1.7, 4.1, 1.2, 11.4) ◎			(1.2, 5.4, 2.3, 7.2)
6	160	190.3	(0.7, 4.2, 1.8, 5.8) ◎			(1.2, 3.8, 1.1, 5.4)
7	160	140.2	▲(1.3, 2.5, 0.9, 4.8) ◎			(1.2, 2.5, 0.7, 7.9)
8	250	40.8	(1.3, 3.6, 0.9, 7.4) ◎			(0.6, 3.2, 2.6, 8.6)
9	250	38.2	(1.4, 4.4, 1.4, 7.4)			(1.2, 4.2, 2.1, 6.6) ◎
10	130	387.8	▲(2.0, 5.1, 1.7, 6.2)			(1.7, 3.4, 0.7, 6.3)
			(0.6, 5.0, 3.5, 7.9)			
11	250	23.5		(1.4, 4.8, 2.1, 6.9)	(1.5, 5.1, 2.6, 8.0)	(1.8, 4.5, 2.1, 8.3) ◎
12	160	139.7	(1.7, 3.4, 0.5, 8.0)			(1.4, 4.2, 2.1, 5.8)
			▲(0.9, 2.0, 0.7, 4.0) ◎			
13	130	>1000		(1.3, 4.1, 1.7, 5.6)	(0.7, 4.8, 4.3, 5.4)	(1.0, 4.7, 4.1, 6.6)

▲: 疲労破壊起点となったアンダーカット ◎: 一般部が疲労破壊起点