

十字溶接継手の疲労強度に対するアンダーカットの影響

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

近年、数多くの溶接橋梁において、疲労損傷事例が報告されているが、その多くは溶接止端部から発生した疲労亀裂によるものである。溶接継手部には溶接きずが生じやすく、きずは高い応力集中の原因となり、疲労強度を低下させるとされている。アンダーカットは溶接止端部に発生する凹状の欠陥で、アークによって掘られた溝に、溶接金属が供給されないことがその発生原因である。道路橋示方書では、アンダーカット深さの許容値を 0.5mm と定めている。しかし、アンダーカットは様々な形をしており、深さだけで疲労強度を整理することにはさらに検討が必要である。また、深さ自身が疲労強度にどの程度影響するのかも十分に明らかとはなっていない。アンダーカットが疲労強度に及ぼす影響を定量的に評価するためには、局所的な応力集中を支配すると考えられるアンダーカットの形状を明らかにし、それに基づいた検討が有効と考えられる。

本研究では、アンダーカットの形状・寸法をレーザー変位計により測定し、アンダーカットの形状の特徴を明らかにしたうえで、アンダーカットを有する荷重非伝達型十字すみ肉溶接継手試験体とアンダーカットのない継手試験体の疲労試験を行うことにより、アンダーカットが疲労強度に及ぼす影響を明らかにする。また、アンダーカットの実測結果に基づいてその形状を 3 次元でモデル化し、有限要素応力解析を行うことでアンダーカット部の応力集中に対する形状・寸法の影響を調べる。

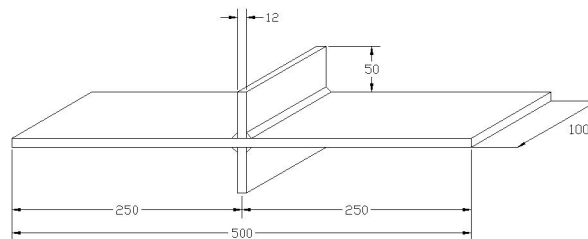


図1 試験体寸法



図2 アンダーカット外観

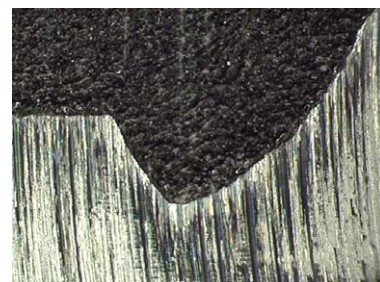


図3 アンダーカット断面図

2. 試験体

供試鋼材は板厚 12mm の溶接構造用鋼材 SM490Y である。試験体はリブ十字すみ肉溶接継手である。溶接止端部にアンダーカットを設ける場合には、溶接条件や運棒方法を工夫している。試験体の形状と寸法を図1に、アンダーカットの外観と断面図の例を図2と3に示す。アンダーカットの形状・寸法の特徴を明らかにするため、レーザー変位計を用いて、約 30 個のアンダーカットの形状（深さ d 、長さ L 、表面での開口幅 w 、切欠き底の曲率半径 ρ ）を測定した。図4は、アンダーカットの形状・寸法を表すパラメータを d 、 L 、 w 、 ρ （図3参照）とし、それらの関係を示したものである。なお、試験体一般部での曲率半径 ρ は平均で 1.4mm、フランク角 θ は平均で 116° であった。

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/mm^2) とし、応力範囲が 200N/mm^2 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 12Hz とした。アンダーカットを有する試験体については、疲労亀裂の発生と進展性

キーワード 疲労強度, アンダーカット, 十字継手, 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

状を調べる目的でビーチマーク試験を行った。疲労試験により得られた各試験体の疲労寿命を図5に示す。アンダーカットのない2体の試験体で求められた疲労寿命の平均は61.8万回であるのに対し、アンダーカットを有する4体の試験体では59.0万回である。

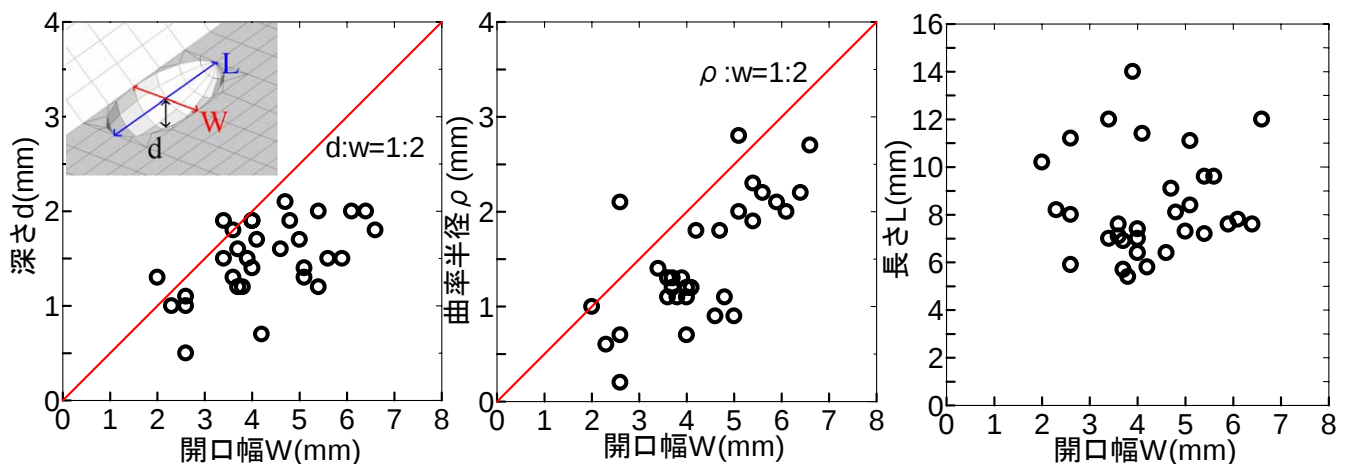


図4 アンダーカット形状・寸法の測定結果

4. 応力解析

アンダーカットの形状・寸法が応力集中に及ぼす影響を明らかにする目的で、測定したアンダーカットをモデル化した継手モデルの有限要素応力解析を行った。その際、鋼材のヤング率は $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は0.3とし、着目部の要素サイズは0.1 mmとした。解析には対称性を考慮し、1/4モデルを使用した。解析モデルのアンダーカット寸法を表1に、要素分割図の例を図6に、主応力コンター図を図7に示す。アンダーカットのないモデルで求めた応力集中係数は2.26であり、アンダーカット底では1.82~3.06であった。

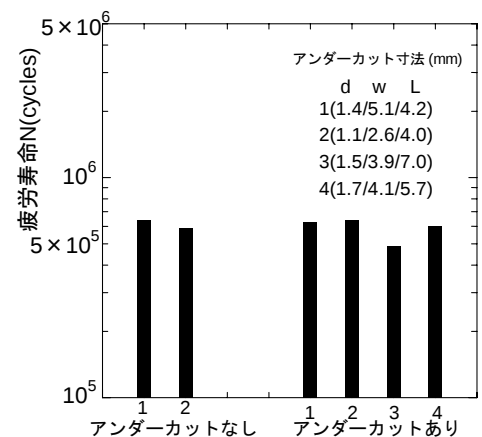


図5 疲労試験結果

5. まとめ

疲労試験の結果から、通常の継手とアンダーカットを有する継手の疲労強度に大きな差は見られなかった。また応力解析の結果から、開口幅が等しければ深さが大きいほどアンダーカット底の応力集中は大きくなるが、ある程度の深さに達するまではアンダーカットのない部分の応力集中のほうが高いことがわかった。そのため開口幅の大きいアンダーカットが疲労強度に及ぼす影響は希薄と考えられる。

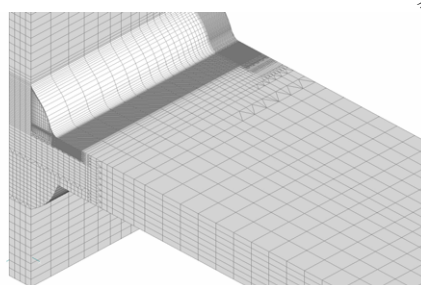


図6 要素分割図

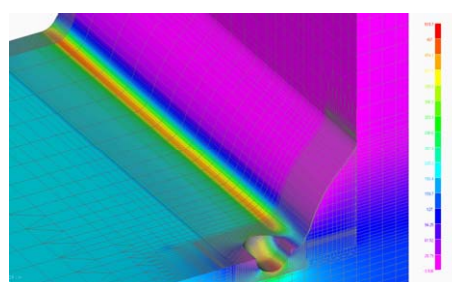


図7 コンター図

表1 アンダーカット寸法と応力集中係数

モデル			応力集中 係数
d(mm)	w(mm)	L(mm)	
0.5	1	4	3.06
0.5	1.5	4	2.55
0.5	2	4	2.19
0.7	2	6	2.46
0.7	3	8	1.95
1	2	8	2.91
1	3	8	2.34
1	4	8	2.01
1	3	16	2.43
1	3	24	2.43
1.5	3	8	2.39
2	4	16	2.71
2	6	16	2.14
2	8	16	1.82
アンダーカットなし			2.26