

分配横桁取合部の接合方法に関する1考察(その1)

サクラダ 正会員 南 邦明* 法政大学 正会員 森 猛
 酒井鉄工所 正会員 中野義行 川崎重工業 高坂正人
 高田機工 正会員 山野達也 日本製鋼所 下山康一
 片山ステック 正会員 米本栄一

1. はじめに

横桁フランジと主桁ウェブの接合は、完全溶込み溶接(F.P 溶接)で行われている。F.P 溶接は、通常、ルートフェイス 2mm(RF2mm)のK型 or レ型開先(図-1)で行われ、CO₂溶接で片側の開先内の溶接終了後、もう一方の開先側からガウジングで RF 部を削除し、この部位の溶接を行う。しかし、別報¹⁾で示すように、横桁取合部に作用する応力は様々であり、必ずしも F.P 溶接で行う必要がない箇所もある。

本報告は、製作の合理化を図ることを目的に、横桁の接合において、ガウジングを行わない部分溶込み溶接(P.P 溶接)の適用に向け、溶接施工試験を行い、P.P 溶接の静的強度、作業効率を調べた。また、溶込み量の計測から、CO₂溶接の有効のど厚の計算法を考察した。

2. 溶接施工試験

(1) 施工試験のパラメータと試験体の説明 溶接施工試験

試験は、表-1 に示す6個の Case をそれぞれ製作会社が異なる6社で作業を分担し、さらに、表-2 に示す6個の Type を各 Case で行った。この中で、RF4mm については、開先に加工誤差が生じたことを想定したものである。また、接合方法は、引張強度および作業効率の比較を行うため、F.P 溶接、すみ肉溶接(Fi 溶接)も行った。溶接材料は、ソリッドワイヤー(SW)とフラックス入りワイヤー(FCW)を使用した。

試験体形状は、図-2(a)に示すように、横桁フランジ取合部を想定した十字継手試験体であり、使用鋼材は、SM400(横桁)と SM490YA(ウェブ)とした。試験体の幅は 500mm であり、1つの試験体で2つのパラメータを左右に分けて行い、1つの Case で3体の試験体を製作した。なお、開先加工は、溶込み量を精度良く計測するため機械加工とした。次に、図-2(b)に示す引張試験片の採取は、溶接終了後、施工試験体を切断して各 Type 毎に3体取り出した。なお、溶込み量を計測するため、引張試験片の両断面はマクロ試験体とした。

(2) 作業効率 溶接作業は、横向き姿勢で行い、脚長 6mm を目標に CO₂溶接で行った。表-3 は、T 継手(2面)に必要な作業時間(スラグ除去時間、ガウジング時間なども含む)を測定した結果である。

F.P 溶接では、ガウジングに要する時間や、パス数が増えることによって作業時間が最も多くなる。P.P 溶接の作業時間は、開先角度や溶接材料によっても異なっているが、作業時間は F.P 溶接の約 1/3(T5 に対する T2 の割合を平均した場合)であり、P.P 溶接を適用すれば製作の合理化が図られる。



写真-1 横桁取合部

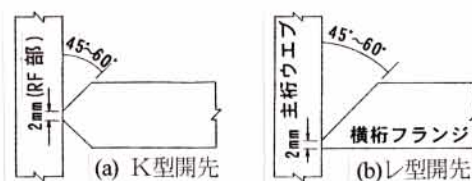


図-1 開先形状

表-1 パラメータ I (Case)

Case No.	開先形状	RF	板厚
C1	K型	2mm	12mm
C2			16mm
C3		4mm	12mm
C4	レ型	2mm	12mm
C5			16mm
C6		4mm	12mm

表-2 パラメータ II (Type)

Type No.	接合方法	溶接材料	開先角度
T1	P.P	SW	45°
T2		FCW	
T3		SW	60°
T4		FCW	
T5	F.P	FCW	45°
T6	Fi	FCW	—

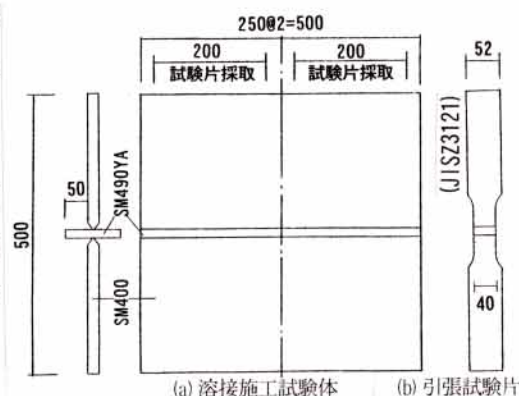


図-2 試験体形状

表-3 作業時間(溶接以外の作業も含む)(単位:秒)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
C1	182	228	310	354	622	94
C2	190	236	360	466	743	106
C3	108	124	142	167	492	117
C4	221	198	345	329	599	97
C5	381	448	525	764	950	116
C6	179	190	240	240	-	-

キーワード: 分配横桁, 合理化, 部分溶込み溶接, 溶接施工試験

連絡先: * 〒 272-0002 千葉県市川市二俣新町 21 TEL 047-328-3145 FAX 047-328-3156

表-4 溶込み量の平均値 (単位:mm)

	T1	T2	T3	T4
C1	+0.7	-0.2	+1.0	-0.2
C2	+0.4	-0.7	+1.0	-0.6
C3	-0.4	-0.6	+0.1	-0.4
C4	+0.9	-1.3	+1.3	-0.5
C5	+1.4	-1.3	+1.5	+0.3
C6	+0.9	-0.5	+1.1	-0.5

(+:溶込み量 -:不溶着量)

表-5 完全溶込み率 (単位:%)

	T1	T2	T3	T4
C1	8	0	83	0
C2	8	0	67	0
C3				
C4	100	0	100	0
C5	75	0	100	17
C6				



図-3 溶込み量の計測

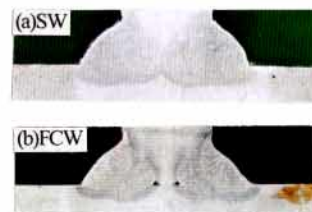


写真-2 マクロ試験

表-6 引張試験結果 (3体の平均値) (単位:MPa)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
C1	478	473	482	477	477	466
C2	495	493	509	508	506	354
C3	475	474	472	475	479	451
C4	496	497	483	484	500	477
C5	476	472	487	488	471	368
C6	452	453	445	460	-	-

$$D \geq 2 \cdot \sqrt{T} \quad (\theta = 45^\circ \sim 70^\circ)$$

$$S = 0 (\sec \theta - 1)$$

$$Te = (D \cdot \sec \theta \cdot \cos(\theta/2) - 3)$$

アーク手溶接で $\theta \geq 60^\circ$ の場合
またはサブマージアーク溶接の
場合は3mmを控除しなくても
よい。

図-4 有効のど厚の計算法

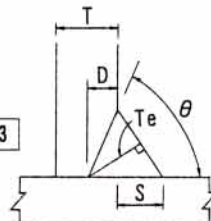


写真-3 引張試験の破断面

(3) 溶込み量の計測結果 溶込み量の計測は、P.P 溶接の全引張試験片 (324 箇所) を測定した (図-3)。表-4 は各パラメータごとに計測結果を平均したものであり、写真-2 は、それぞれ SW, FCW を用いた場合のマクロ写真の一例である。これらの結果が示すように、溶込み量は開先角度の影響も若干あるが、溶接材料の影響が大きいことが判る。FCW では、溶込みが浅く、スラグの一部が開先内に残り、開先角度を大きくしても溶込みは得られず、平均すれば 0.5mm 程度の不溶着部(マイナスで表示)が発生する。しかし、SW では、十分に溶込んでおり、平均すれば K 型開先では 0.5mm、レ型開先では 1.2mm 程度の溶込みが得られた。次に、表-5 は、RF2mm で行った Case で、ガウジングを行わなくても F.P 溶接となった確率(12 箇所中の確率)を示したものである。この結果が示すように、 45° の K 型開先を除けば、SW の使用により高い確率で F.P 溶接となった。

(4) 引張試験結果 各 Case 各 type 毎に 3 体の試験片を平均した引張強度の結果を表-6 に示す。P.P 溶接の引張試験では、すべての試験片において母材で破断し、F.P 溶接と同等の強度であった。C3, C6 のように RF4mm で溶込みがほとんど期待できない FCW では、最大で 5.5mm の未溶着部が存在していたにも関わらず、母材で破断した(写真-3)。ただし、これらの引張試験片では、RF 部からもクラックが生じていた試験片もあった。

3. 有効のど厚計算法の考察

P.P 溶接の有効のど厚を計算する時、図-4 に示すように被覆アーク溶接でかつ開先角度が 60° 未満では、計算値から 3mm 差し引くことが示されているが²⁾、 CO_2 溶接における規定は、ここでは明確に示されていない。そこで、溶込み量の計測結果を基に、 CO_2 溶接における P.P 溶接の有効のど厚の計算法について考察した。

溶込み量は、溶接材料によって異なり、SW を用いた場合、十分な溶込みが得られているので、開先角度に関わらず、全断面有効(3mm 差し引く必要がない)と考えられる。これは、溶込みが少なかった K 型開先においても、溶込み量の平均値は 0.5mm 確保されていたからである。次に、FCW では、ほとんど溶込みが期待できないので、全断面有効とすることはできないが、開先角度が 45° であっても、3mm も差し引く必要性はなく、本試験結果から判断すると、2mm と考えられる。なお、本施工試験では、横向き姿勢で行っており、下向き姿勢で行う場合より、入熱量も低く溶込み量も小さくなる。すなわち、本検討結果は安全側の検討となっている。

4. まとめ

P.P 溶接の作業時間は、F.P 溶接と比べると約 1/3 であり、P.P 溶接を採用すれば製作コストが削減できる。また、P.P 溶接の引張強度は F.P 溶接と同等であり、横桁取合部において P.P 溶接適用の可能性が確認された。今後の課題として、ルート破壊か、あるいは止端破壊など、疲労について検討する必要があると考えている。なお、本研究は、鋼橋技術研究会施工部会(部会長：森 猛)の研究の一環として行われたものである。

(参考文献)

- 1) 南 邦明, 森 猛, 山野達也, 高坂正人, 中野義行 : 分配横桁取合部の接合方法に関する 1 考察(その 2), 土木学会第 56 回次年度学術講演会概要集 I, 2001.10
- 2) 日本橋梁建設協会 : '97 Design Data Book, 1997.3