

補剛材の低減が製作の合理化に及ぼす効果の評価手法(その1)

(株)サクラダ 正会員 南 邦明
同上 ○正会員 藤尾武明

1. はじめに

橋梁製作の作業工程には、様々な作業があるが、全作業に占める溶接作業の比率は高く、製作の合理化を推進するには、溶接作業の合理化を図る必要がある。溶接作業の最も簡単な合理化手法としては、溶接延長を低減させることであり、その1手法として「補剛材の低減=製作の合理化」と言う考えが定着している。その際、「溶接長の低減率=溶接作業工数の低減率」と誤解されることが懸念される。これは、現在、ほとんどの橋梁製作会社において、ウェブに補剛材を取り付ける作業(パネル製作工程)は、NCロボットが適用されているからである¹⁾(写真-1)。この作業工程では、図-1に示す作業が行われる。この中で、作業者が直接従事する作業工程は①②工程のみであり、それ以降は無人運転となる。パネル製作工程における作業時間の多くは、溶接時間(④工程)であるということ言うまでもないが、仮に補剛材の数を減らしたとしても、①②⑤工程は変わらず、影響があるのは③④工程のみである。すなわち、溶接延長が1/2になったとしても、無人運転で行う作業時間はほぼ1/2となるが、人手による作業が低減されるわけではなく、全パネル製作工程が1/2となるわけでもない。したがって、これらの作業工程に必要な時間を明確にした上で、補剛材の低減による製作の合理化を議論しない限り、その効果を定量的に評価することはできない。

本報告は、パネル製作ロボットを監視・計測して、各工程に必要な作業時間を明確にし、これらの計測結果をもとに、1枚のウェブパネルの製作に必要な作業時間を算出する算定式を求めた。そして、1日のタイムスケジュールを考慮し、補剛材の低減が製作の合理化に及ぼす効果の定量的な評価手法を提案した。

2. パネル製作工程における各作業時間の計測

(1)計測方法 パネル製作工程における作業時間を明確にするため、当社に導入されている3台のパネル製作ロボット²⁾を、9日間、延べ58パネルの作業を観察し、補剛材の溶接に必要な各作業時間を計測した。調査した橋梁は、I桁が2橋、箱桁が1橋の合計3橋とした。

(2)計測結果 表-1は計測結果を平均し、1枚のウェブパネルを溶接するのに必要な作業時間を示したものである。計測結果では、1パネルを溶接するのに必要な作業時間は、平均すると255分であり、無人運転で行う③④工程の比率が高かった。また、平均するとロボット1台当たり、1日に2.2枚のパネル溶接が行われ、1パネル当たりの溶接長の平均値は56.24mであった。

3. パネル製作に必要な作業時間の算定式

算定式を求めに当たっての前提条件として、溶接延長に関わらず1パネル当たりの固定時間は、90分(①②⑤工程の合計値)とした。

次に、溶接時間は溶接長に比例するが、ロボット制御時間も同様と考え、単位溶接長当たりのロボット制御時間は、計測結果から溶接時間と同じ時間が必要であるものとした。また、溶接トーチは、2電極とした。



写真-1 パネル製作ロボット

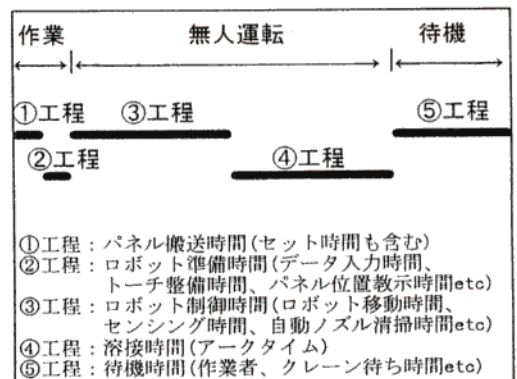


図-1 パネル製作工程における各作業

表-1 1パネルの製作に必要な作業時間の平均値

工 程	作業時間 (min)	割合 (%)
パネル搬送時間 (①工程)	15	5.9
ロボット準備時間(②工程)	14	5.5
ロボット制御時間(③工程)	82	32.2
溶接時間 (④工程)	83	32.5
待機時間 (⑤工程)	61	23.9
合計	255	

(算定式)

$$T=2.0 \times (L/2) \div v + 90 \cdots \cdots (1)$$

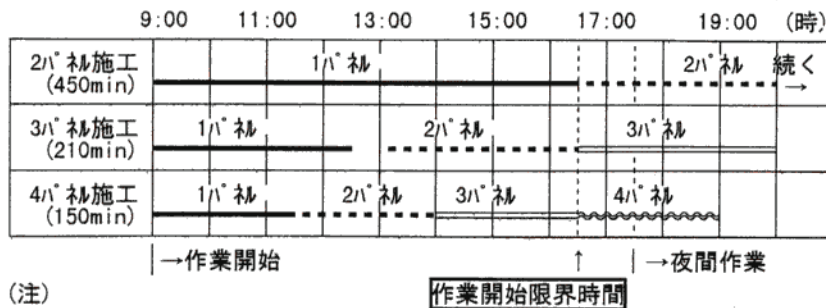
T: 1パネル製作に必要な作業時間(min)

L: 溶接延長(全補剛材長さの2倍)(cm)

V: 溶接速度(cm/min)

キーワード: 合理化、製作、ロボット、補剛材の低減

連絡先: 〒272-0002 千葉県市川市二俣新町 21 TEL 047-328-3148 FAX 047-328-3156



(注) 2パネル施工とは、1日に2パネル溶接施工を行うことを言う。また、作業開始限界時間(16:30)とは、1日の最終パネルを開始できる限界時間を言う。

図-2 タイムスケジュールと各パネル施工(1日に製作可能なパネル数量)

4. 補剛材の低減が製作の合理化に及ぼす効果の考察

(1) 評価方法の考え方 補剛材の低減が製作の合理化に及ぼす効果を評価するには、溶接延長の低減率で評価するのではなく、1日に製作可能なパネル数量の増加率で、合理化効果を考える必要があると言える。図-2は、1日に製作可能なパネル数量を考慮し、1枚のパネル製作に必要な最大作業時間(臨界時間)と1日のタイムスケジュールを示したものである。なお、ここで示すタイムスケジュールでは、就業時間は8:30~17:30とし(9:00まではミーティング時間、17:00からは後片付け時間)、夜間運転を行う(17:30以降は、無監視・無人運転)ことを前提条件としている。図-2に示すように、3パネル施工(1日に3枚のパネルを施工する)の作業時間の最大値は、210分であり、これを超えた場合、例えば作業時間が240分の場合では、2パネル目の作業終了時間が17:00となる。このため、夜間運転は行えず、1日に2パネルの製作しかできない。すなわち、450分の作業時間を有する2パネル施工と同じとなる。言い換えると、補剛材の取り付けに450分の作業量を必要とするパネルが、240分のパネルへと低減したとしても、製作の合理化とはならないと言える。しかし、210分へと低減されれば、製作の合理化が可能となる。

(2) 評価基準の算定 図-3は、(1)式を図式化し、縦軸には作業時間、横軸には溶接長の関係で示したものである。溶接条件については、橋梁製作会社によって若干異なり、また、使用する溶接材料によっても異なるが、ここでは、表-2に示す条件とした。通常、ウェブパネルでは、プライマーが塗布された状態のまま補剛材の取り付けが行われ、耐ピット性が改善された溶接材料を使用する。なお、図面上では、すみ肉溶接脚長が4mmとなっても、通常の作業では、脚長5mmを目標に溶接条件が決められている。これらの溶接条件における臨界溶接長(例えば、2パネル施工から3パネル施工へと移行する溶接長)を示したものが、表-3である。例えば、プライマー塗布鋼板を用いた場合では、溶接長が31.2~93.6mの間では、溶接長に関わらず2パネル施工であり、この間で溶接長を低減させても合理化とはならないことを意味している。ただし、この判定基準は、あくまで図-2に示すタイムスケジュールで行い、算定式(1)および表-2の溶接条件を用いたケースである。しかし、各橋梁製作会社において、タイムスケジュールの前提条件に大きな違いはなく、また、使用しているロボット機種および溶接材料が異なっても、臨界溶接長に大きな違いは生じないものと考えられる。もし、各橋梁製作工場における精度の高い値を算定するには、これまでに述べてきたことと同様の手順で(1)式を算定し、各工場で用いている溶接条件で、臨界溶接長を算出すればよいものと言える。

(3) 合理化効果の評価手法の提案 合理化効果の評価手法として、設計時に低減前と低減後の溶接長を求め、表-3の判定基準を参考に、1日に製作できるパネル数量が増加するかどうかを明確にし、合理化効果を評価する。

5. まとめ

補剛材の低減による製作の合理化を明確にするには、材片数や溶接長の低減量を求めることは言うまでもないが、それだけでなく、1日に製作できるパネル数量が増加するかどうかを明確にする必要がある。

【参考文献】

- 1) 鋼橋技術研究会：施工部会報告書Ⅱ，1998.12
- 2) 南 邦明，押山和徳：橋梁・鉄骨製作における省力化と今後の課題，溶接技術.Vol.46，pp94-98，1998.12

表-2 溶接材料と溶接速度(脚長5mm)

鋼板の表面処理	銘柄	溶接速度 (cm/min)
プライマー塗布鋼板	DW-300	26
プライマー剥離鋼板	MX-Z200	38
耐候性鋼板(黒皮)	DW-50W	35

表-3 合理化効果の評価判定基準(8時間労働)

鋼板の表面処理	臨界溶接長(m)		
	2パネル施工	3パネル施工	4パネル施工
プライマー塗布鋼板	93.6 $\geq$	31.2 $\geq$	15.6 $\geq$
プライマー剥離鋼板	136.8 $\geq$	45.6 $\geq$	22.8 $\geq$
耐候性鋼板(黒皮)	126.0 $\geq$	42.0 $\geq$	21.0 $\geq$

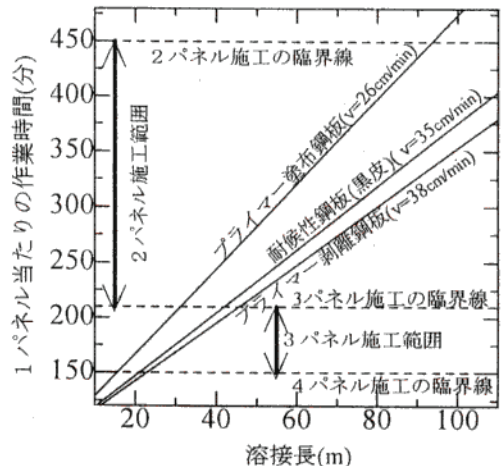


図-3 作業時間と溶接長の関係(8時間労働)