

低圧縮量レールガス圧接部における変形度と接合強度との関係

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○伊藤 太初
(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 山本 隆一

1. はじめに

近年、生産人口の減少による作業員の減少により、特殊な技能を必須とするレール溶接作業などで自動化・脱技能化が強く求められている。一方、既存技術であるフラッシュ溶接法はすでに自動化が達成されているが、装置が大型かつ導入コストが高いことなどから、既存のレール溶接施工体制では導入障壁が極めて高い。このような中、装置の持ち運びが容易で導入コストが比較的安価なガス圧接法に着目し、ガス圧接条件の抜本的な見直しによる工程省略を目標として検討を進めている。具体的には、レールガス圧接施工時の圧縮量を低下させ、ガス圧接部のふくらみや加熱時間を低減することで、ふくらみの押抜き工程や表面溶融に伴うバーナ揺動工程などを省略し、上記のガス圧接法のメリットを維持しつつ自動化・脱技能化の達成を目指している。

一般的に、固相接合法の観点から圧縮量の低下は接合界面の変形度を低下させ、結果的に接合品質の低下を招くことが予想される。一方、レールガス圧接部の圧縮量と接合品質の関係を定量的に評価した研究は過去50年以上無く¹⁾、施工技術が向上した現行のガス圧接施工実態において既存の圧接条件は過剰に圧縮量を付与しているものと考えられる。そこで、本研究では、近年構築したレールガス圧接部の加熱変形モデル²⁾を用いて低圧縮量条件下での接合界面の変形度を評価すると共に、低圧縮量条件で作製したレールガス圧接試験片による引張試験により、接合強度を評価した。

2. 解析条件および試験片作製条件

表1にレールガス圧接部の解析条件を示す。解析モデルは著者らが構築したレールガス圧接部の加熱変形解析モデルを用い、入熱条件は標準条件とし、圧縮量を24mm(標準条件)、15mm、10mmに変化させ、それぞれの条件における接合界面の相当塑性ひずみを変形度と位置付けて評価した。また、表2にレールガス圧接試験試験片作製条件を示す。レールガス圧接試験では解析モデルと同一の条件を採用した。使用したガス圧接機はTGP-HA型であり、圧縮量を24mmとしたTPNo.3を除き、押抜き作業を省略し、グラインダーでふくらみを研削した。なお、用いたレールはJIS60kg普通レールである。

表1 レールガス圧接解析条件

解析ソフト	ADINA
入熱条件	酸素100ℓ/min 弱還元炎
圧縮量	24mm、15mm、10mm
加圧力	22MPa

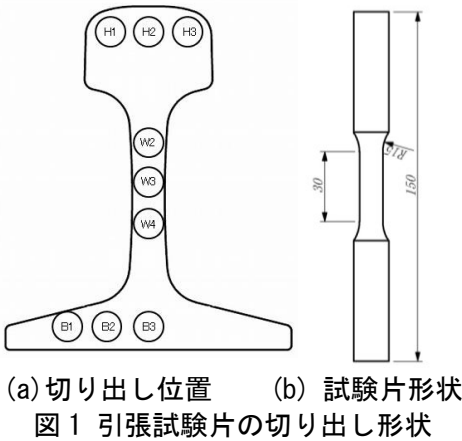
表2 レールガス圧接試験片作製条件

TPNo.	流量(ℓ/min)		加圧力 (MPa)	圧縮量 (mm)
	酸素	アセチレン		
1	105	109	22.1	10
2	105	109	22.1	15
3	100	107	22.1	24

作製したレールガス圧接試験片および比較用のレール母材に対して、図1に示す各部位からレール突合せ箇所(接合界面)を中心として平行部直径φ10mm、長さ150mmの引張試験片をそれぞれ3本ずつ採取した。引張試験片はJIS14A号試験片に準拠したが、熱影響部での破断を避けるため、平行部長さを30mmとJIS規格値より短くした。引張試験では最大試験力を原断面で除した引張強さおよび突合せ伸びを測定した。

3. 解析結果および試験結果

図2に解析モデルで計算された接合界面上の相当塑性ひずみ分布を圧縮量毎に示す。なお、図2(b)はレール原断面上の各部位にお



キーワード ガス圧接, 数値解析, 塑性変形

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 T E L 042-573-7272

ける相当塑性ひずみをプロットしたものである。解析結果から、圧縮量の低下に伴い、各部位の相当塑性ひずみが減少する傾向が認められ、いずれの部位においても圧縮量 10mm において圧縮量 24mm の 4 割程度の値となっている。なお、過去の研究結果³⁾より、相当塑性ひずみが

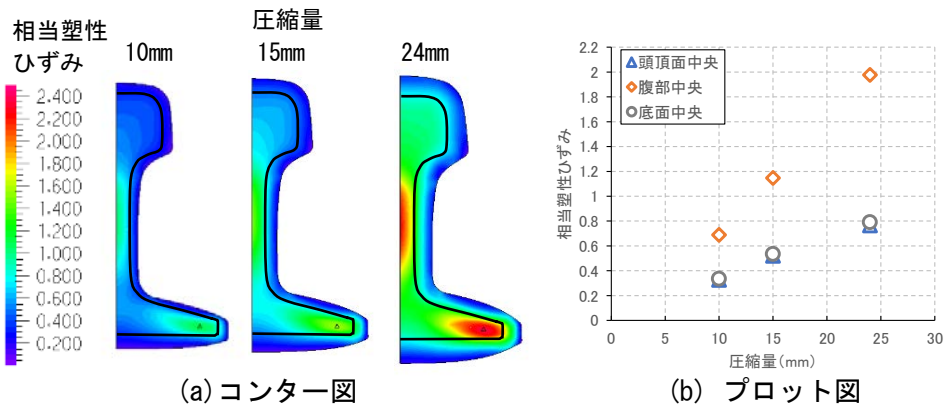


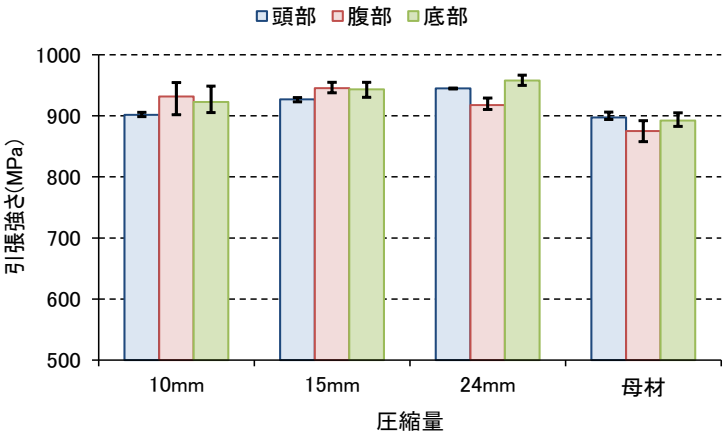
図2 各圧縮量における相当塑性ひずみ分布

0.4 を超えるガス圧接部では母材以上の引張強さになることが示されており、これより圧縮量 10mm では強度が不足する可能性が考えられる。

表 3 に引張試験結果、図 3 に引張試験結果をまとめたグラフをレール母材の結果と併せて示す。なお、表およびグラフ共に各部位で採取した試験体 3 体の平均値を記載している。各条件における引張強さは、圧縮量の増加に伴いわずかに増加する傾向が認められたものの、圧縮量 10mm を含むいずれの条件においても圧縮量 24mm で作製した圧接部と大差なく、母材を上回る 900MPa 以上の引張強さを有している。一方、各試験片の伸びは、いずれの部位においても引張強さの増加に伴い若干の増加が認められるが、母材と比較するとかなり低い値であった。一般的に、ガス圧接部の硬度は母材に比べ HV20～30 程度高くなる傾向があり⁴⁾、これにより引張強さが母材を上回ると共に、伸びが大きく減少したものと考えられる。

表 3 引張試験結果

圧縮量	部位	引張強さ (MPa)	伸び(%)
10mm	H	902	5.2
	W	932	7.7
	B	922	5.8
15mm	H	927	7.3
	W	945	9.7
	B	943	7.9
24mm	H	945	7.3
	W	918	6.8
	B	958	9.0
母材	H	897	18.8
	W	875	21.1
	B	892	20.1



4. まとめ

レールガス圧接法の自動化・脱技能化を達成すべく、ガス圧接部の圧縮量低減による変形度および接合品質への影響について各種試験により評価した。その結果、圧縮量の減少に伴い接合界面上の変形度（相当塑性ひずみ）は減少するものの、標準圧縮量 24mm の約 4 割となる圧縮量 10mm においても母材レベルの引張強度を確保していることが判明した。今後は、実物大レールにおける性能評価を実施すると共に更なる圧縮量の低減に向けた検討を実施する予定である。

参考文献

1) 青山信一，他：新型レールのアセチレンガス圧接試験，鉄道技術研究所速報，No.66-89，1966
2) 伊藤太初，他：レールガス圧接の加熱変形解析手法の構築，鉄道総研報告，Vol.36，No.3，2022
3) 伊藤太初，他：ガス圧接部における接合界面の変形と接合強度の定量的評価，溶接学会全国大会講演概要，第 109 集，2021
4) 新版軌道材料編集委員会：新版軌道材料，p.118，2011