

押抜き工程を不要とする 低圧縮量レールガス圧接工法

軌道技術研究部 レールメンテナンス研究室

主任研究員 伊藤 太初



目次

- ◆ 研究の背景
- ◆ 現行法(定圧法)を用いた低圧縮量化の検討
- ◆ 変圧法を用いた低圧縮量化の検討
- ◆ まとめ
- ◆ 成果の活用

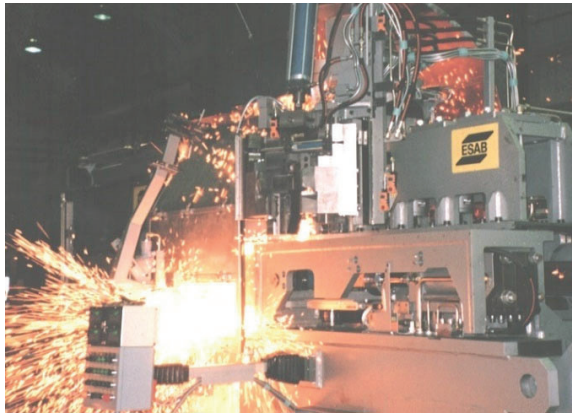
■ 研究の背景

- 労働人口の減少等により、生産性の向上や保守コストの削減が強く求められている
- 特に、育成に時間を要する溶接技術者の不足が深刻であり対応が急務となっている



レール溶接施工の脱技能化・自動化が急務

既存の自動溶接機：フラッシュ溶接機（モバイルフラッシュ溶接機）



フラッシュ溶接のデメリット

- ✓ 装置が大型で可搬性が悪い
- ✓ 多大な導入コスト(ガス圧接の約5倍)が必要

線路内および線路脇
のレール溶接作業で
は導入が困難



可搬性が高く、導入コストの低いレールガス圧接法に着目

研究の背景

ガス圧接法：酸素-アセチレン炎による加熱と軸方向の加圧によって部材を接合



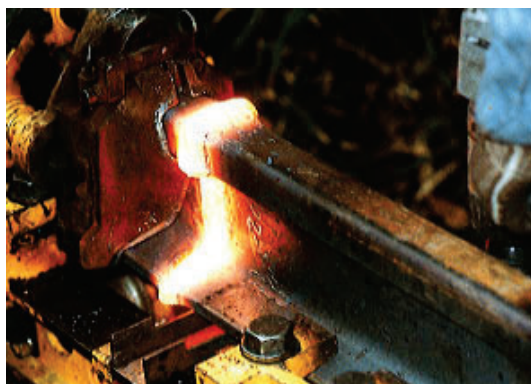
①端面研削



②圧接機のセット



③加熱・加圧（圧縮）



④圧接終了（圧縮量24mm）



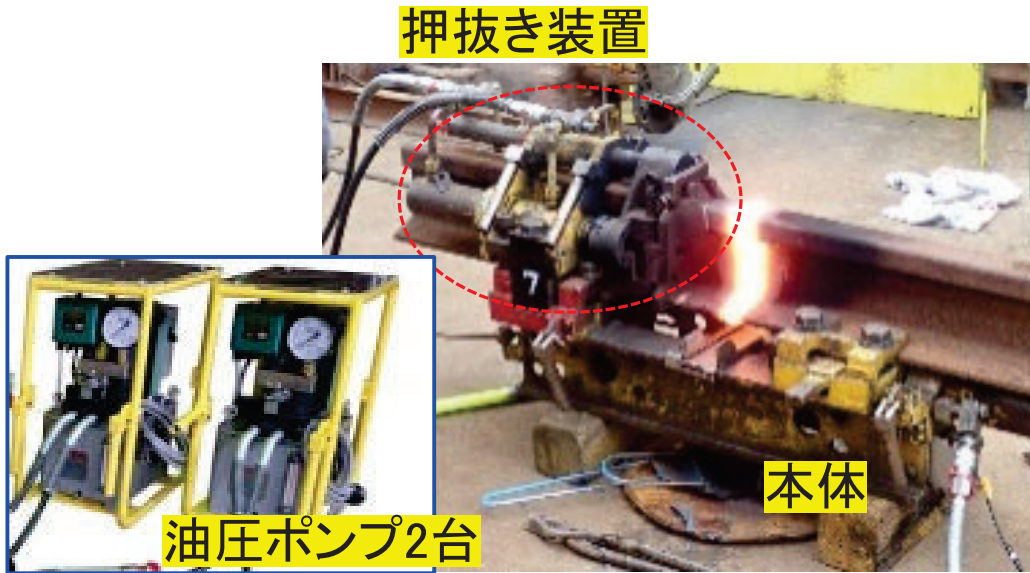
⑤ふくらみの押抜き



⑥押抜き終了

■ 研究の背景

レールガス圧接機(可搬式)



重量

本体: 150kg

押抜き装置: 75kg

油圧ポンプ: $70\text{kg} \times 2 = 140\text{kg}$

合計 365kg



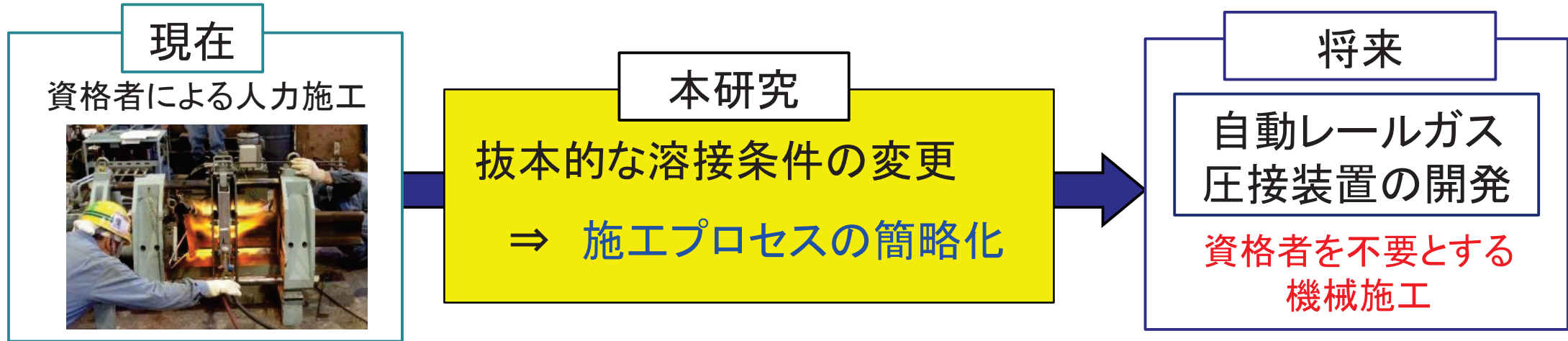
線路内・脇で使用するには搬入出に労力を要する

現行のまま自動化した場合、装置の追加によりガス圧接機の大型化が必須

ガス圧接法の大きなメリットである可搬性を維持するためには

プロセス簡略化による装置の軽量化が必須

■ 研究の背景



仕上げ研削時間

圧縮量	押抜き	仕上げ時間
24mm	有り	42分
約10mm	無し	59分
約6mm	無し	39分



現行と同程度の作業量

⇒ 圧縮量を6mm程度まで低減

大幅な圧縮量の低減が必須

研究の背景

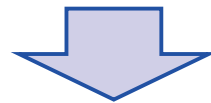
本研究では・・・

1. 現行法(定圧法)を用いた低圧縮量化の検討

- ・低圧縮量化による強度への影響確認

2. 変圧法を用いた低圧縮量化の検討

- ・変圧法による低圧縮量ガス圧接部の検討



押抜き工程を不要とする低圧縮レールガス圧接工法を提案

現行法(定圧法)を用いた検討

現行法を用いた検討

ガス圧接法の接合原理

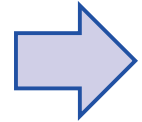
接合面の**変形**(圧縮量)と**温度**(加熱条件、加熱時間)が重要な因子

⇒ 圧縮量の減少によって**接合状態の悪化が予想される**

現行法の圧接条件

圧縮量: 24mm以上

加圧力: 170～190kN



約50年前に確立され、現在まで大きな変更はない

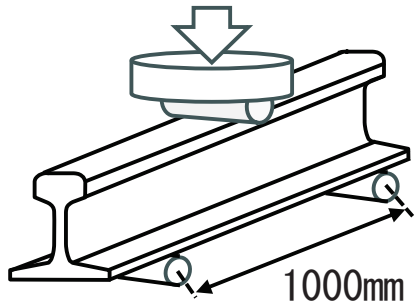
➤ 近年における製鋼技術および施工技術の向上

⇒ **過剰に圧縮量を付与していることも考えられる**

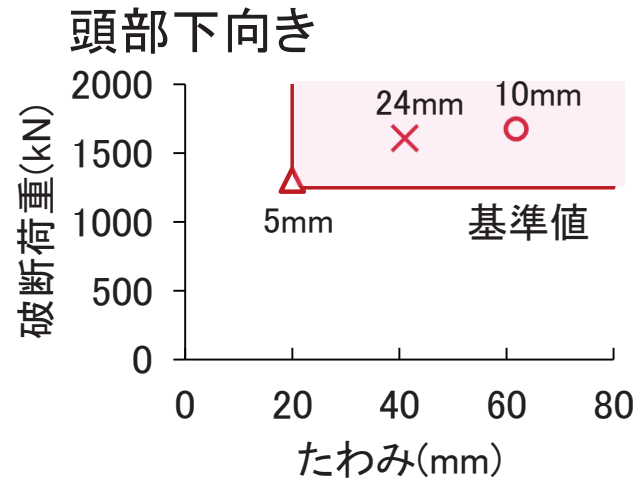
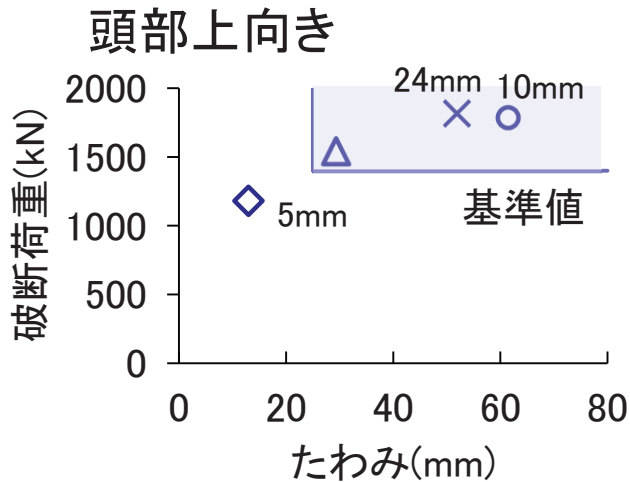
圧縮量5mm、10mm(いずれも押抜き無し)の条件で試験体を作製し、静的曲げ試験および疲労試験により**実用強度を確認**

現行法を用いた検討

静的曲げ試験



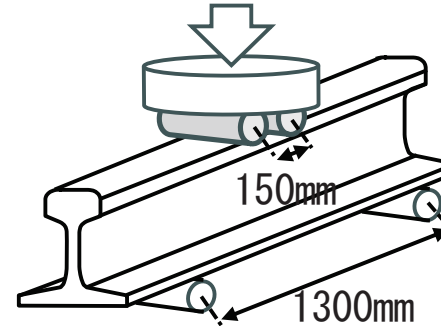
- 3点曲げ
- 頭部上向き、頭部下向き
- 破断時の荷重・たわみを測定



圧縮量5mmでも実用強度をкаろうじて満足

⇒ 現場施工でのばらつきを考慮すると継手強度のさらなる向上が必要

曲げ疲労試験



- 4点曲げ
- 頭部上向き
- 200万回を上限

曲げ疲労試験結果

条件	応力全振幅 (MPa)	繰返し数	破断の有無
5mm	320	200万回	無し
10mm	〃	〃	無し

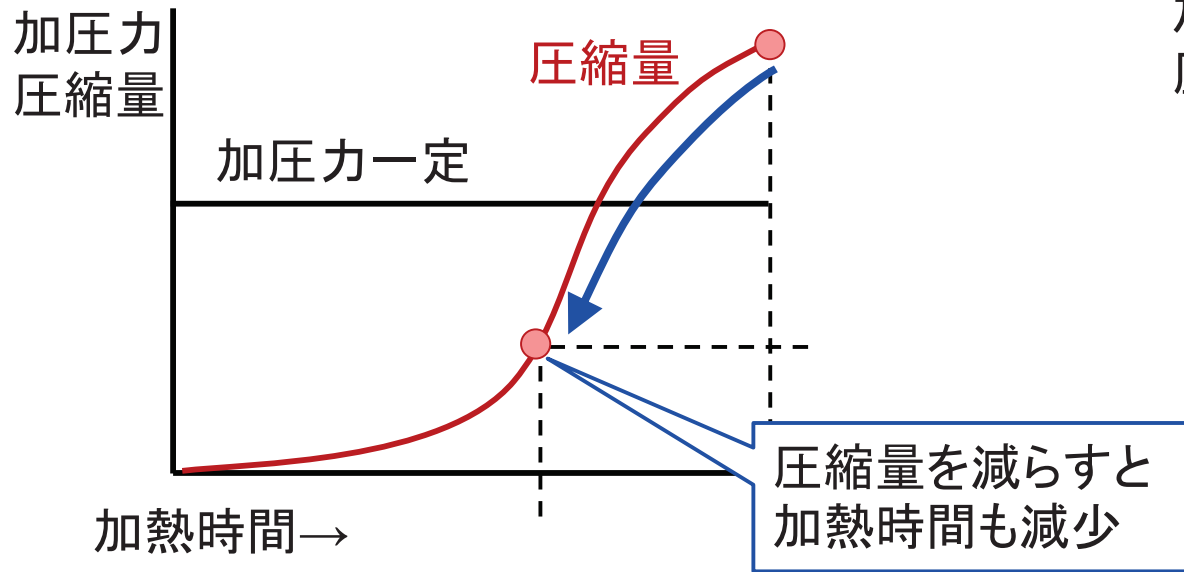
320MPa: 圧縮量24mmの標準条件における200万回曲げ疲労強度

変圧法を用いた検討

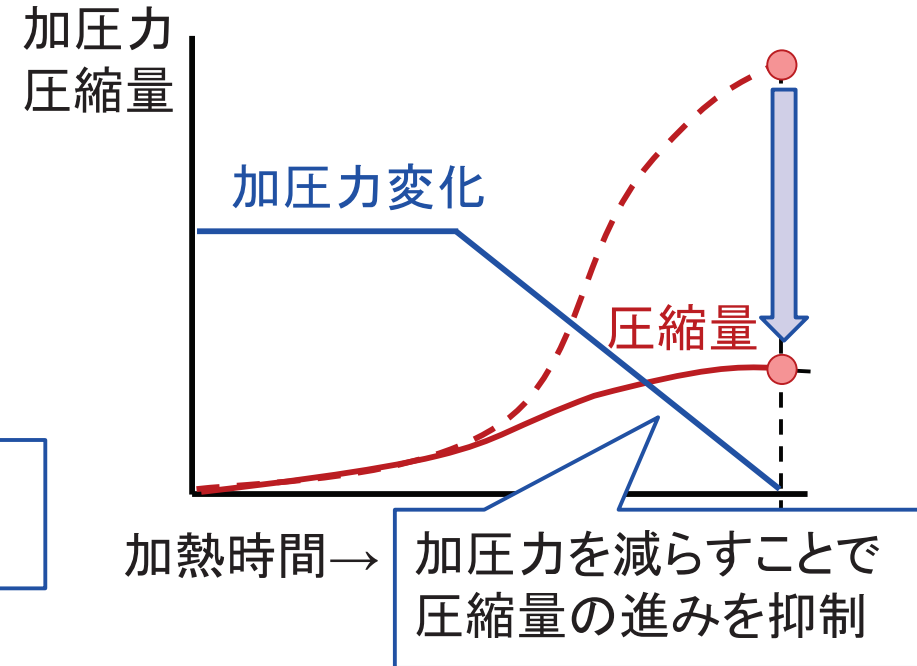
変圧法の適用

各手法における加圧力と圧縮量の関係

現行法(定圧法): 加圧力一定



変圧法: 加圧力変化

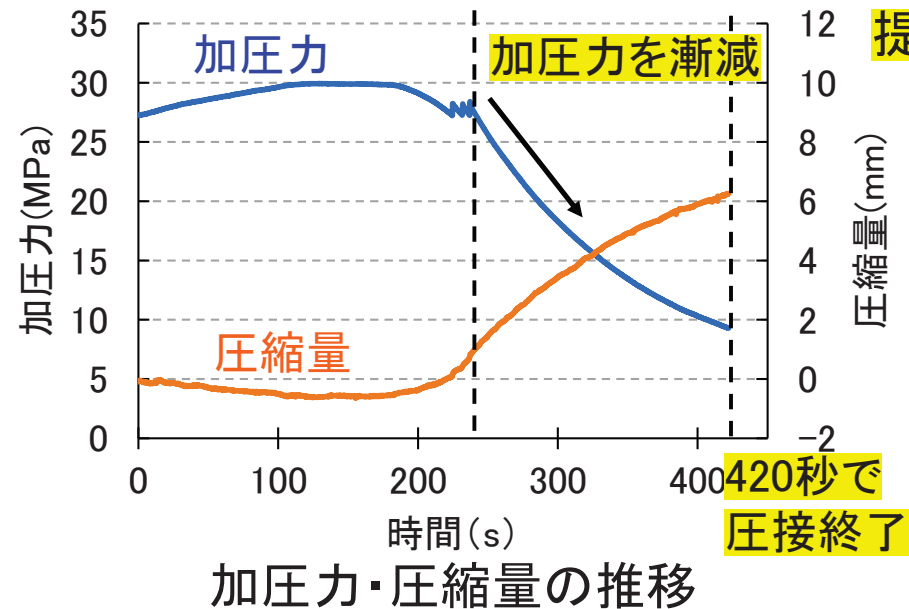
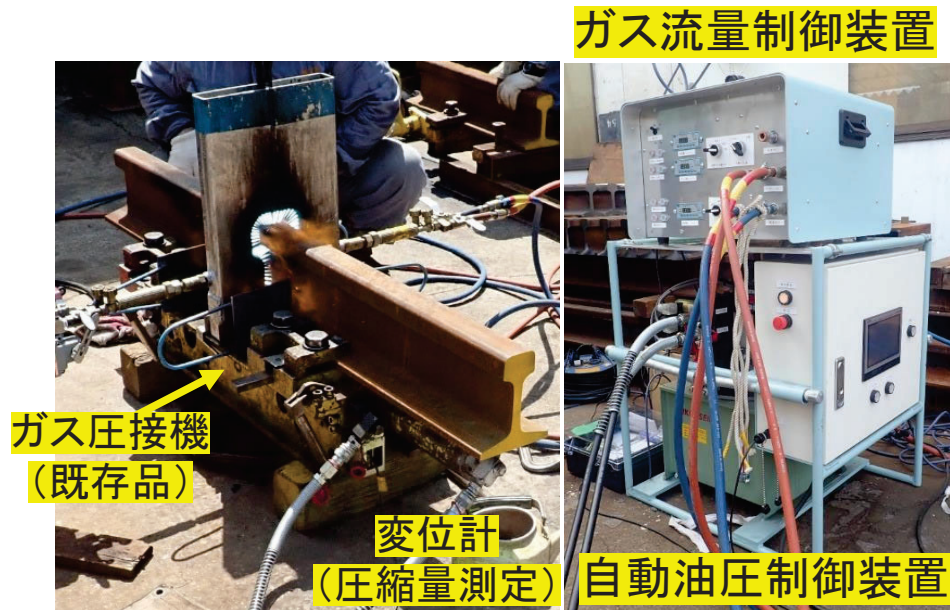


変圧法の適用により圧縮量を減らしつつ、加熱時間を増加

⇒ 加熱時間の増加により原子間の相互拡散を助長し、継手強度の向上を図れる

■ 変圧法の適用

変圧法を用いたガス圧接試験



提案法によるガス圧接部

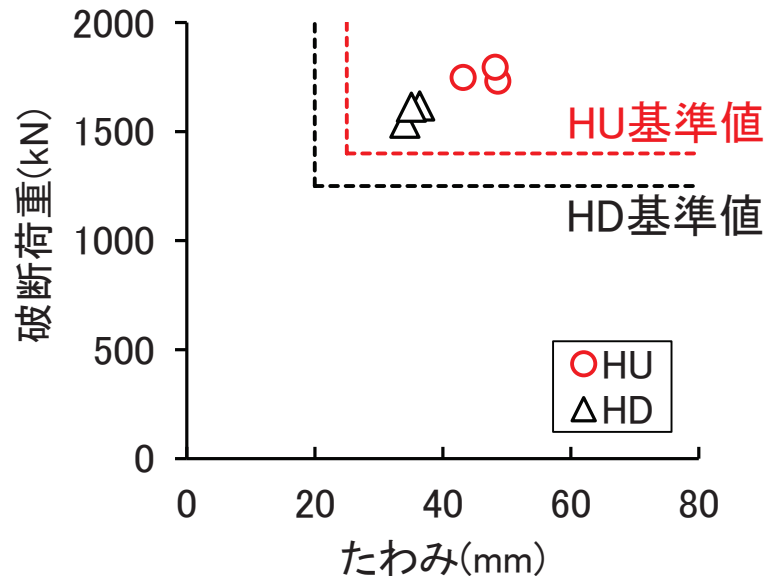


- 既存のガス圧接機の適用可能な自動油圧制御装置等を試作
⇒ 圧縮量や加圧力を自動で制御可能
- 変圧法を適用し、圧縮量6mm程度で接合可能なガス圧接工法を提案

変圧法の適用

静的曲げ試験

姿勢: 頭部上向き(HU)、頭部下向き(HD)

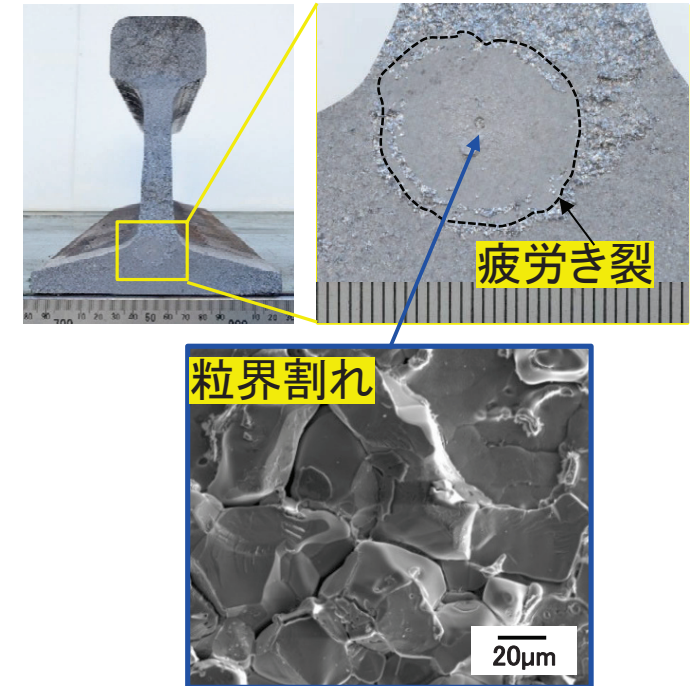


曲げ疲労試験

曲げ疲労試験結果

番号	応力全振幅 (MPa)	繰返し数	破断の有無
1	300	200万回	無し
2	300	200万回	無し
3	320	200万回	無し
4	320	130万回	破断

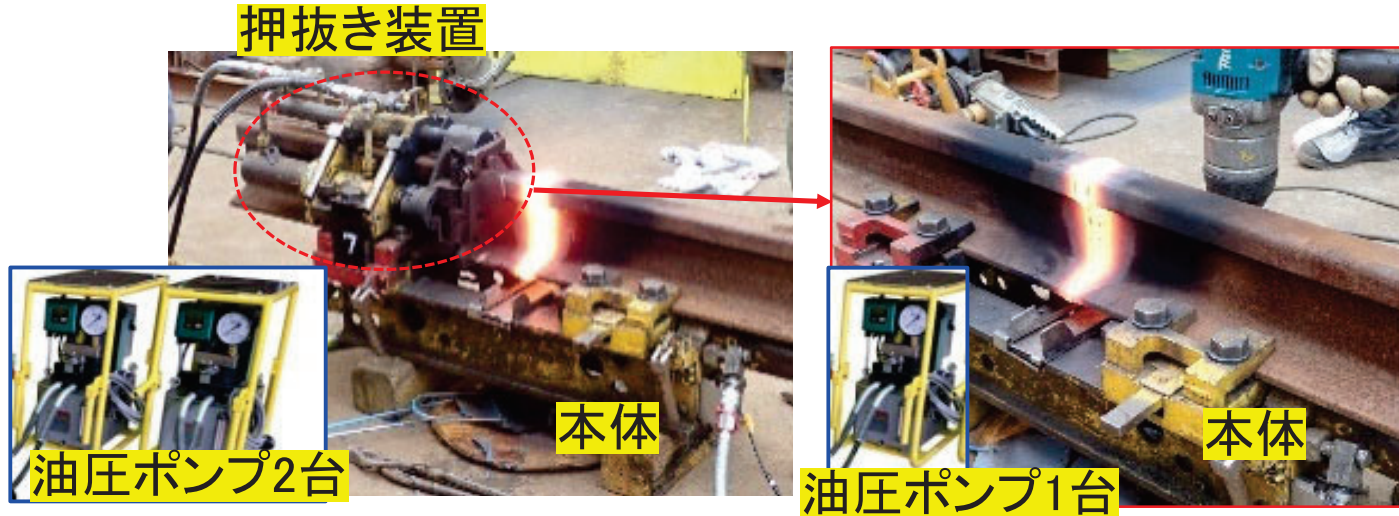
No.4 破断面観察結果



- 提案法によるガス圧接部は実用上十分な継手強度を有することを確認
- 曲げ疲労試験において、320MPaではΦ1mm程度の粒界割れを起点に破断
⇒ これまでの知見から実使用環境下では破壊起点にならないと判断

提案工法の効果

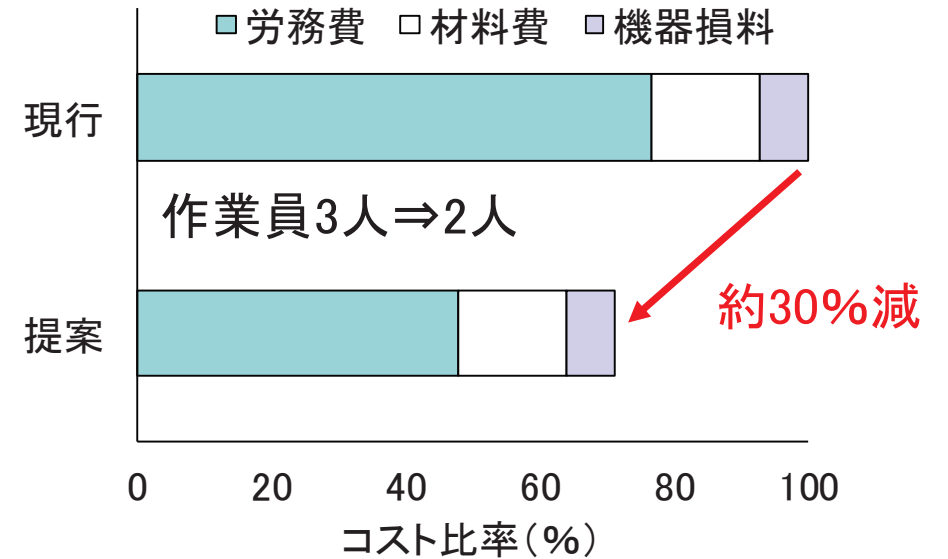
装置の軽量化



総重量 従来:365kg ⇒ 提案:220kg(▲145kg)

- 押抜き工程の省略による装置の軽量化(重量約40%減)
- 工程省略および自動化装置による要員削減(施工コスト約30%減)

要員の削減



まとめ

- 変圧法を用いた押抜き工程を省略可能なレールガス圧接工法を提案
⇒ 機材の総重量を40%削減
- 自動油圧制御装置等の自動化装置を試作
⇒ 施工コスト30%削減可能



営業線における試験施工および試験敷設を実施中

成果の活用

鉄道事業者等におけるレール溶接工事において活用

(低圧縮工法は既存のガス圧接機を用いて施工可能)

参考文献

伊藤太初、小納谷優希：変圧法を用いた低圧縮量レールガス圧接工法の開発，鉄道総研報告，Vol.38，No.12，pp.15-20，2024

伊藤太初、山本隆一、相澤宏行、井筒宏樹、岩崎幹大：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，pp.47-50，2022