

生産技術分野

(成果情報名) RTMによるFRP成形技術の開発							
(要約) 高齢化が進む地域や公共交通機関の無い地域での安全な移動手段として活用される電動車のボディを作る手法として、 <u>RTM (レジントランスファーモールドディング法)</u> による <u>FRP (繊維強化樹脂)</u> の成形技術を開発した。							
(担当機関) 工業技術センター					連絡先	098-929-0280	
部会	生産技術	専門	機械電子	対象	樹脂成形	分類	実用化研究

[背景・ねらい]

近年、高齢者による交通事故が多発し社会問題となる中、グリーンスローモビリティ（時速20km未満で公道を走る4人乗り以上の電動車）を高齢者の地域内移動手段として活用する社会実験が行われるようになってきている。今後は沖縄県においても、高齢化が進む地域や公共交通機関の無い地域での安全な移動手段として、このような電動車が使用されるようになって考えている。電動車のボディには、軽くて丈夫なFRP（繊維強化樹脂）が適しているが、沖縄県内ではこれまでハンドレイアップ法という手作業でのFRP成形しか行われていなかった。ハンドレイアップ法は作業効率が低く、成形精度も悪いことから、作業効率と成形精度に優れたRTM（レジントランスファーモールドディング法）によるFRP成形技術の開発に取り組んだ。

[成果の内容・特徴]

1. 実験用に製作した型、およびRTM成形に必要な各種装置（樹脂注入装置、ゲルコート塗布装置、真空装置、トリム装置）を用いて電動車のボディを成形した。
2. FRP成形後に必要となるトリム加工には、ロボットによる自動加工を適用した。
3. 完成したボディは、塗装を施し実用レベルの品質を示した。

[成果の活用面・留意点]

1. 成形に必要な型は、形状に応じてその都度製作する必要がある。

[残された問題点]

1. 成形する形状が大きく、型を分割する必要がある場合は、分割面からの空気漏れを防ぐのが課題となる。

[具体的データ]

製作した型、およびRTM成形に必要な各種装置を図1～5に示す。また完成したボディを図6に示す。



図1. 成形型



図2. 樹脂注入装置



図3. ゲルコート塗布装置



図4. 真空装置



図5. トリム装置



図6. 電動車用のボディ

[研究情報]

課題 ID : 2016 技 004

研究課題名 : 電動車の開発 (戦略的基盤技術導入促進事業)

予算区分 : 国庫

研究期間 (事業全体の期間) : 2016~2018 年度

研究担当者 : 泉川達哉、松本幸礼

発表論文等 : 特になし

(成果情報名) 電動車用モータとコントローラの開発							
(要約) 高齢化が進む地域や公共交通機関の無い地域での安全な移動手段として活用される <u>電動車のモータとコントローラ</u> を開発し、 <u>電磁界設計技術</u> や <u>モータ制御技術</u> を蓄積することができた。							
(担当機関) 工業技術センター					連絡先	098-929-0280	
部会	生産技術	専門	機械電子	対象	電磁設計、機器制御	分類	実用化研究

[背景・ねらい]

近年、高齢者による交通事故が多発し社会問題となる中、グリーンスローモビリティ（時速20km未満で公道を走る4人乗り以上の電動車）を高齢者の地域内移動手段として活用する社会実験が行われるようになってきている。今後は沖縄県においても、高齢化が進む地域や公共交通機関の無い地域での安全な移動手段として、このような電動車が使用されるようになって考えている。電動車で使用するモータに必要なトルクや出力は、乗車定員や走行状態によって変化するため、想定される使用方法に応じて適切なモータを選択することが求められる。ここでは、多様化するモータへの要求仕様に対応できるように、モータおよびコントローラの開発を行い、電磁界設計技術やモータ制御技術の蓄積を図った。

[成果の内容・特徴]

1. 電磁界シミュレーションによってモータのトルクや出力を算出することで、モータの断面形状を最適化することができるようになった。
2. 電動車の動力源として使いやすい同期モータを開発した。
3. 同期モータを制御するコントローラを開発した。

[成果の活用面・留意点]

1. 開発したモータおよびコントローラは、例えば風力発電システムにおける発電機としても活用することができる。
2. 開発したモータには、削り出し加工によるケーシングや放電加工によるコアなど、量産設計ではない部分も多くあるため、大量に生産する場合には、設計の見直しが必要となる。

[残された問題点]

1. モータコアへの導線の巻き付けは、熟練が必要な作業である。またモータの設計では導線の巻き付け長さが重要なパラメータとなっている。そのため、導線の巻き付け作業には、作業の習熟度を高めること、設計者には導線の長さを精度良く求めるノウハウが求められる。

[具体的データ]

モータの断面形状は、電磁界解析を行いながら形状を少しずつ調整するという手法で定め、その結果、モータの断面形状は図1のようになった。これは初期の断面形状に対して、電磁鋼板のワイヤーカット時に必要となるボルト穴と、シャフト側への漏れ磁束を防ぐためのフラックスバリアを設けたものである。フラックスバリアは、磁束を遮るために意図的に配置した空気層のことである。図2は電磁界シミュレーションで得られたモータ断面における磁束密度分布である。完成したモータを図3に示す。

コントローラの構成を図4に示す。制御回路はメインCPUからのトルク指令を受け、各種演算処理を行った後、駆動回路にPWM（Pulse Width Modulation：パルス幅変調）信号を送る。駆動回路はPWM信号によってIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor：絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）のスイッチングを行いモータへ三相電流を出力するようになってきている。完成した

コントローラを図5に示す。図6にはモータの性能曲線を示す。

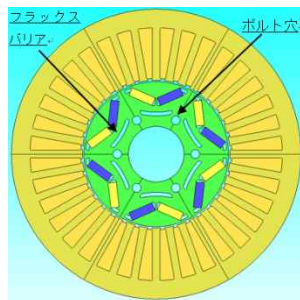


図1. モータの断面形状

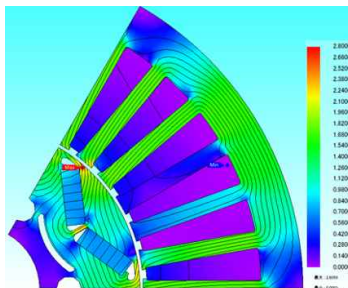


図2. 磁束密度分布(1/4形状)



図3. モータ

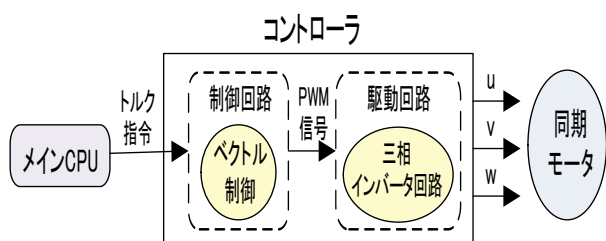


図4. コントローラの構成



図5. コントローラ

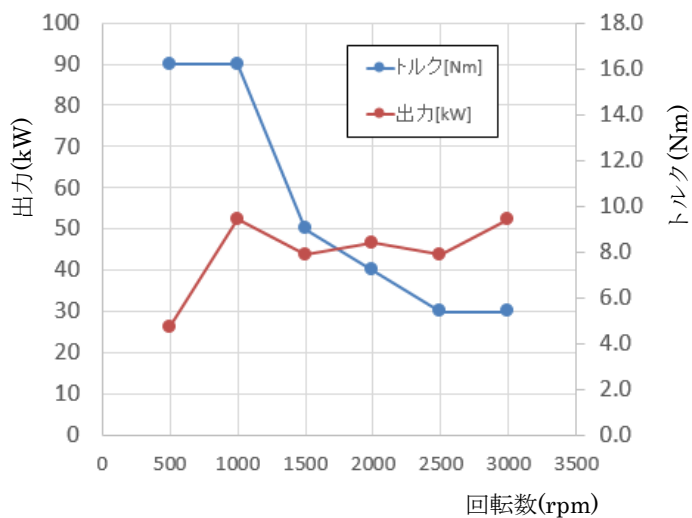


図6. モータの性能曲線

[研究情報]

課題 ID : 2016 技 004

研究課題名 : 電動車の開発 (戦略的基盤技術導入促進事業)

予算区分 : 国庫

研究期間 (事業全体の期間) : 2016~2018 年度

研究担当者 : 泉川達哉、松本幸礼

発表論文等 : 特になし

(成果情報名) FRP(繊維強化樹脂)に関する強度解析技術の開発							
(要約) FRP(繊維強化樹脂)は、軽量で強度も高いことから車両や船舶のボディに使用されているが、その軽さと強さを機械装置などの筐体に活用したいとの要望が増えてきた。FRPには強化繊維が含まれており、その強度を設計段階で定量的に把握することは難しいが、本研究では、曲げ試験で得られた弾性係数を用いて強度を予測する手法を確立した。							
(担当機関) 工業技術センター					連絡先	098-929-0280	
部会	生産技術	専門	機械電子	対象	樹脂成形	分類	実用化研究

[背景・ねらい]

FRP(繊維強化樹脂)は、軽量で強度も高いことから車両や船舶のボディに使用されているが、その軽さと強さを機械装置などの筐体に活用したいとの要望が増えてきた。しかしFRPには、強化材としてガラス繊維や炭素繊維が含まれており、その強度を設計段階で定量的に把握することは難しい。そこで、本研究ではFRPに関する強度解析技術の確立を目的とした。

[成果の内容・特徴]

- FRPの曲げ試験で得られた曲げ弾性係数を用いて強度解析する手法を確立した。

[成果の活用面・留意点]

FRPの強度解析については、樹脂や強化繊維の物性値を詳細に入力してシミュレーションを行うFRP専用のソフトも存在する。しかし、強化繊維がランダムに配向されている場合には正確に物性値を入力することが難しかったり、材料メーカーから物性値を入手できない場合も多い。本研究での手法は、正確性には劣るが、使用する繊維の配向や強さなどを曲げ弾性係数でまとめて表して解析に用いている。

[残された問題点]

- FRP成形におけるプライ数(繊維を重ねる数)毎に曲げ試験を行う必要がある。

[具体的データ]

FRPで製作した試験片に対する曲げ試験の様子を図1、曲げ試験で得られた弾性係数を用いて行ったシミュレーションの結果を図2に示す。



図1. 曲げ試験の様子

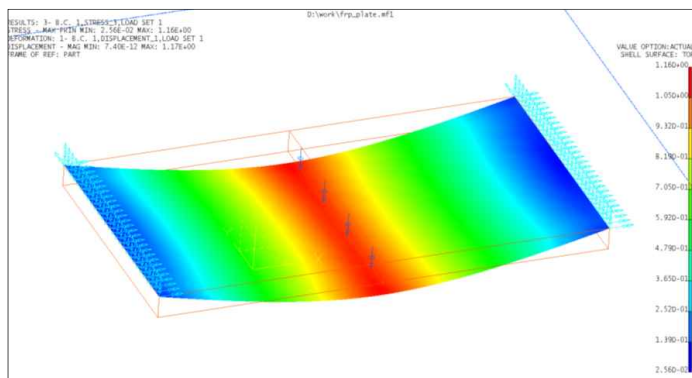


図2. 強度シミュレーションの結果

[研究情報]

課題 ID : 2017 技 016

研究課題名 : 世界最小・最軽量・高性能海水淡水化装置

予算区分 : 受託

研究期間 (事業全体の期間) : 2017～2018 年度

研究担当者 : 泉川達哉

発表論文等 : 特になし

(成果情報名) UFB技術を組み合わせた高品質・低コスト金めっきフレキシブル基盤製造装置の開発							
(要約) ロール状に巻かれた基盤ベース材に連続的にめっき処理を施す <u>ロール to ロール</u> とよばれる方式により、銅めっき処理は行われていたが、同方式で <u>金めっき</u> 処理を行う装置の開発を行った。試作機を作製し、金めっき処理を行ったところ、目視観察ではめっき面の割れ、きず等は確認されなかった。一方 SEM 観察でピンホールが確認された。							
(担当機関) 工業技術センター 機械・金属班					連絡先	098-929-0111	
部会	生産技術	専門	金属化学	対象	めっき設備企業	分類	実用化研究

[背景・ねらい]

株式会社 CAP で製造しているフレキシブル基盤製造装置は、ロール状に巻かれた基盤ベース材に連続的に銅めっき処理を施すロール to ロールとよばれる方式を採用しており、めっき処理槽及び処理槽間で基盤ベース材を何度も曲げながらめっき処理を施す構造になっている。近年、ユーザーから金めっき処理のニーズが高まっていることから、本事業では、めっき前処理工程において UFB (ウルトラファインバブル) 技術を活用した、高品質・低コスト金めっきフレキシブル基板製造装置の開発を行った。工業技術センターでは主に UFB による洗浄効果の検証、試作機による金めっきの曲げ特性等機能性評価を行った。

[成果の内容・特徴]

ロール to ロール方式 (RtoR 方式) のめっき装置を設計・製作した (図 1)。本装置の仕様は搬送速度が常用で 0.25m/min (MAX0.5m/min)、テンションが 0~50N、電流が 0~10A である。

本装置を用いてフレキシブル基板へ金めっき処理し (図 2)、外観検査 (目視観察、SEM 観察)、蛍光 X 線分析による膜厚測定、密着性試験 (セロハンテープ試験、曲げ試験) を行った。目視観察ではめっき面の割れ、きず等は確認されなかった。一方 SEM 観察でピンホールが確認された。

[成果の活用面・留意点]

1. ニッケル、金の連続めっきが可能となり処理時間の短縮、コスト低減が期待される。
2. めっき液にシアン化合物を使用していることから排気・廃液処理に注意が必要。
3. UFB による洗浄効果は本装置での仕様 (噴霧) において有用性は認められなかった。

[残された問題点]

- ・金めっき面にピンホールが存在。電極の位置等改良が必要。
- ・実際の製品 (電子回路) へのめっき処理をテストする必要がある。

[具体的データ]



図 1. RtoR 方式による金めっき装置



図 2. 電解 Au 槽 (基板両端に金めっき処理)

[研究情報]

課題 ID : 2017 技 017

研究課題名 : U F B 技術を組み合わせた高品質・低コスト金めっきフレキシブル基盤製造装置の開発

予算区分 : 受託研究 (ものづくり基盤技術強化支援事業)

研究期間 : 2017~18 年度

研究担当者 : 安里昌樹

発表論文等 : なし

生産技術分野

(成果情報名) 持ち味を変えない新たな化粧土の配合条件の検討							
(要約) 壺屋焼に使用する化粧土の配合実験等を行った結果、県内産の土を主に、従来の色味に近い化粧土が得られることをテストピースで確認した。また、安富祖地区等での化粧土原料確保に向けた現地調査を行った。							
(担当機関) 工業技術センター 環境・資源班					連絡先	098-929-0111	
部会	生産技術	専門	セラミックス	対象	陶器	分類	実用化研究

[背景・ねらい]

壺屋焼は、伝統的工芸品として指定された本県を代表する工芸品である。壺屋焼を含む県産陶器の生産額は約11億円であり、伝統織物に次いで2番目の生産額である（平成28年度生産額、工芸産業振興施策の概要より）。このような状況の中、壺屋焼に伝統的に使用されてきた原材料の入手が難しくなっている。特に、化粧掛けに用いられる白土（化粧土）の確保が困難であり、伝統的工芸品が供給できなくなる懸念がある。そこで、県内化粧土原料（安富祖原土、喜瀬粘土）の消費軽減を目的とする、安定確保が可能な、持ち味を変えない化粧土の配合条件について検討を行う。また、化粧土の確保に向けて安富祖地区等での調査を行う。

[成果の内容・特徴]

1. 化粧土に用いる県産原土は、有色成分である鉄含有率が低く、賦存量が見込めることを考慮し壺屋焼坏土に配合している喜瀬武原原土と、原土調査で採取した名嘉真の雲母粘土（仮名）を選定した。
2. 化粧土の配合条件を検討するため、各原料の化学組成（表1）、鉱物組成を測定し基礎性状を得た。喜瀬武原原土は安富祖原土とほとんど同等の化学組成となっているが、喜瀬武原原土のほうが有色成分となる鉄含有率（ Fe_2O_3 ）が多い。
3. 副原料（市販品）は素地との付着力や収縮率を合わせるための蛙目粘土、化粧土中の鉄量を相対的に減らす（白さを出す）目的で朝鮮カオリン等を県産原土に配合することにより、従来の色味に近い化粧土が得られることをテストピースで確認した（図1）。
4. 2013年に壺屋組合が化粧土原料を採掘した安富祖地区の採取箇所を現地調査し、この採取箇所には化粧土原料の賦存（前回の取り残し）が見込めないことを確認した。今後は安富祖地区の調査箇所を広げる必要がある。

[成果の活用面・留意点]

壺屋陶器事業協同組合（以下、壺屋組合）は当研究で得られた知見を基に、従来の化粧用原料と同様に利用できる「持ち味を変えない新たな化粧土の開発」を工業技術センターとともに継続し研究している。また、安富祖地区等での化粧土原料確保に向けて、現地調査も継続して行う。

[残された問題点]

令和元年度は、製品サイズで化粧土の特性評価を行う予定である。また、安富祖地区等での化粧土原料確保に向けた調査が必用である。

[具体的データ]

表1 原料等の化学組成

No.	試料名 \ 元素名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	強熱減量	備考
No.1	喜瀬武原原土	67.2	20.9	2.12	0.86	0.00	0.84	3.80	0.00	4.1	
No.2	雲母粘土(仮名)	65.0	21.6	1.84	0.27	1.17	1.08	2.84	2.25	3.8	
参考	蛙目粘土	48.4	34.2	1.35	0.73	0.22	0.34	0.69	0.10	13.9	
No.3	朝鮮カオリン	44.1	32.8	0.17	0.14	0.00	0.00	1.21	0.00	16.8	4.74(SO ₃)
No.4	天草陶石	68.9	22.6	0.57	0.02	0.00	0.00	3.88	0.18	3.8	
No.5	白絵土	72.6	21.9	0.10	0.15	0.09	0.00	0.70	0.00	4.3	0.12(SO ₃)
No.6	ジルコニット	33.1	0.4	0.20	0.29	0.06	0.00	0.04	0.00	0.7	63.1(Zr),1.78(Hf),0.25(Y)
参考	化粧土(安富祖:蛙目=7:3)	67.9	22.0	1.04	0.61	0.07	0.44	1.45	0.14	6.3	
参考	喜瀬粘土	66.9	22.7	1.01	0.66	0.01	0.44	2.45	0.14	5.7	

参考は工業技術センター研究報告第20号平成29年度陶器の欠陥防止に関する研究—化粧土に生じる水しみについての対策—より

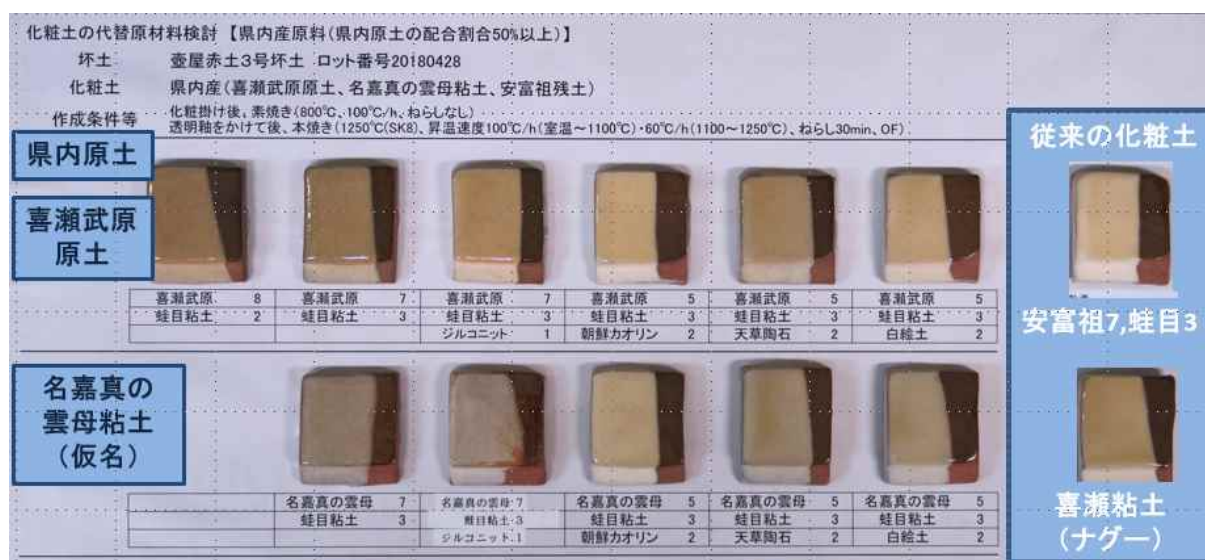


図1 化粧土テストピースの外観

県産原土が主(50%以上)となるように化粧用原料を配合した。副原料(市販品)は素地との付着力や収縮率を合わせるための蛙目粘土、化粧土中の鉄量を相対的に減らす(白さを出す)目的で朝鮮カオリン、天草陶石、白絵土を化粧土に配合した。ジルコニット(珪酸ジルコニウム)は白色度の向上を目的に添加材として外割配合した。

テストピースは壺屋焼で用いる赤色坯土を成形し、配合条件をかえた化粧土を浸し掛け後に素焼き(800℃)、透明釉を施釉し焼成(1250℃)した。色見の評価として、従来の化粧土である安富祖原土配合の化粧土や喜瀬粘土と比較した。県産原土50%、蛙目粘土30%、朝鮮カオリン20%の配合条件が、従来の色味に近い化粧土が得られることをテストピースで確認した。

[研究情報]

課題ID: 2018 技 017

研究課題名: 陶器の欠陥防止に関する研究

予算区分: 県単、企業連携共同研究開発支援事業

研究期間: 2018年度

研究担当者: 赤嶺公一、与座範弘、宮城雄二、花城可英、島袋常秀(壺屋陶器事業協同組合)

発表論文等: なし

(成果情報名) 鉄筋継手の新たな接合手法の開発							
(要約) 本研究で開発を目指す電気圧接法は、突き合わせた2本の鉄筋に直接通電させ、鉄筋端面間に発生するアークを熱源として利用する接合手法である。本手法による接合品質の向上を目的として、接合器の改良やセラミックタブによる接合部形状の改善、フラックスや炭酸ガスを利用した溶接欠陥の解消などを検討した。							
(担当機関) 工業技術センター 機械・金属班					連絡先	098-929-0111	
部会	生産技術	専門	金属加工	対象	溶接	分類	基礎研究

[背景・ねらい]

鉄筋の継手にはガス圧接継手、重ね継手、溶接継手など種々の方法があるが、環境および資源の保全、熟練工の不足などの観点から新たな接合手法が求められている。本研究は、電気圧接法の確立および接合品質の向上を目的とした。

[成果の内容・特徴]

1. 本手法で使用する電圧圧接器は、内部シリンダの可動側にFRPを絶縁材として施工したガス圧接器を流用している。この方法によって絶縁効果は得られるが、部品間のクリアランスが大きく、接合部に偏心が生じる要因となっていた。本研究では、装置に由来する接合部の形状不良の改善を図るため、圧接器の構造や構成部品について種々の検討を重ね、内部の軸を樹脂製としたボルト締結による組立構造とすることで、絶縁性の確保と鉄筋保持部の芯出し精度を改善した。(図1～図2参照)
2. 本手法における接合部の溶接欠陥に関する要因を究明するため、炭酸ガス雰囲気中での接合を実施したところ、上部が開放されたケースに流量10m³/minの炭酸ガスを常時流した状態において、欠陥の減少が認められる接合部を得られた。これにより、欠陥の発生には大気の影響が大きいことが推察された。(図3～図4参照)
3. 鉄筋接合部にセラミックスタブを取り付けて溶融した金属を成形することで、接合部の形状改善を狙う手法において、溶融金属の保持とアーク発生時間の影響を検証したところ、ステンレス製テープを適用した場合(図5参照)に、アーク発生時間6～8秒で良好な接合部形状を得られることがわかった。(図6参照)
4. 鉄筋端面に開先を設けることで通電時のアークの発生とその持続を狙う手法において、開先角度を検証したところ45度以下が有効であることがわかった。また、アークの持続性について観察した結果、開先が小さくなるほど、アーク発生直後に溶融した金属によって短絡し、接合の安定性が低下すると推察された。

[成果の活用面・留意点]

1. 接合に生じる欠陥に影響する因子を明らかにする必要がある。
2. 樹脂で製作した駆動軸の耐久性を検証する必要がある。

[残された問題点]

1. セラミックタブを用いる接合において、接合部に生じる欠陥の発生原因を究明すると共に、これを抑制する方策の再現性を高める必要がある。

[具体的データ]

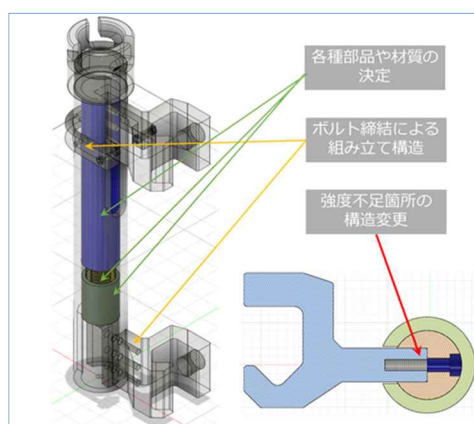


図1 改善した電気圧接器



図2 絶縁性および芯出し精度の検証



図3 炭酸ガス雰囲気での接合



図4 炭酸ガス雰囲気中での接合結果



図5 溶融金属の保持



図6 溶融金属の保持による接合結果

[研究情報]

課題 ID : 2018 技 020

研究課題名 : 鉄筋継手の新たな接合手法の開発

予算区分 : 県単

研究期間 (事業全体の期間) : 平成 30 年度

研究担当者 : 照屋駿、羽地龍志

発表論文等 : なし