

平成 29 年度
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「汎用電気ドリル向け小径吸塵コンクリートドリルビットの開発」

研究開発成果等報告書

平成 30 年 5 月

担当局 東北経済産業局
補助事業者 公益財団法人いわて産業振興センター

目 次

第 1 章 研究開発の概要

1－1 研究開発の背景・研究目的及び目標	2
1－2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	6
1－3 成果概要	7
1－4 当該研究開発の連絡窓口	8

第2章 本論

【2－1 超硬チップの設計課題への対応】

2－1－1 超硬チップの設計変更	9
2－1－2 新設計チップのサイズラインナップ拡大	10

【2－2 フラックスレスろう付け法確立への対応】

2－2－1 フラックスレスろう付け法の確立	15
2－2－2 ろう付け作業の機械化	17
2－2－3 極小径サイズのチップ接合高強度化	19

【2－3 本体シャンクの高強度化への対応】

2－3－1 高強度形状の開発	21
2－3－2 シャンク材料及び加工法の最適化	21
2－3－3 シャンク製造コスト削減と吸塵アダプタの設計	21

最終章 全体総括	27
----------	----

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

コンクリート躯体に穴を開けるためのコンクリートドリルは、呼び径 $\phi 3\sim 40\text{mm}$ 程度までのものは多くが鋼材の本体シャンクの先端に超硬チップを接合して作られ、手持ちの汎用電気ハンマードリルに取り付けて用いられる。穿孔はハンマードリルによる打撃と回転により、ドリルの先端超硬チップがコンクリートを砕くことで進み、その際コンクリート粉塵（切粉）が発生する。超硬チップを用いたハンマードリル用工具以外では、ダイヤモンド砥粒を金属粉末で焼き固めたダイヤモンドセグメントを刃先に用いたものもあり、こちらは回転のみでコンクリートに穿孔できる。

コンクリート穿孔の目的はさまざまであるが、その多くはアンカーボルト施工用の下穴として使用される。アンカー施工はさまざまな設備のコンクリート躯体への留め付けを目的とし、

- ・金属部品が孔壁で引っ張るように広がり、摩擦で機械的に留まる金属系アンカー
- ・孔内に樹脂などの接着材を充填し、ボルト等とともに養生・硬化させる接着系アンカー

の2種類に大別される。固定した鉄筋やボルトを利用して設備の留め付けを行うため、躯体からの引張強度管理が重要となり、特にアンカー施工時の下孔壁清掃は引張強度を左右する大きな要因となる。

現在市販されているアンカー施工システムは、正しい施工手順の元で十分最大引抜強度が発揮されるよう設計されている。経年劣化は別として、事故につながりかねないアンカーの強度不足事例は、多くが正しい手順を踏まなかったことによる施工不良である。アンカーの種類によって施工手順はさまざまだが、最も基本となる事項の一つが孔内清掃である。アンカーはコンクリート孔内壁の摩擦や接着により引張強度を維持しているので、清掃忘れ・不足などで孔内の側壁や底にコンクリート粉（穿孔で生じたものは特に切粉という）が残っていると、強度確保の大きな妨げになる。

基本的なコンクリートドリルの特徴を前述したが、コンクリート穿孔に付き物である切粉の飛散の問題に対処するために、コンクリートドリルの吸塵システムがいくつか実用化されている。その中で、パイプ状のシャンクを持ち、先端刃先部周りにある吸塵口から切粉の吸引を行い、シャンク内を通して吸塵機に切粉を回収するシステムを持つドリルは、吸塵ドリルと呼ばれる。

これら吸塵ドリルは下記のような特徴を持つ。

- ・穿孔中に発生する切粉を発生箇所で吸引するため、粉塵の飛散はほぼ発生しない。これにより、トンネル等の閉所空間や上向き穿孔時の作業負担が大幅に軽減される。施工場所と同所にある設備の汚染や周辺環境への影響も大きく改善される。
- ・孔内で切粉を吸引するため、穿孔終了時に孔壁面に切粉がほとんど残らない。条件次第で差は出るが、アンカー施工においては孔内清掃を同時に行っているといえる状態で穿孔でき、清掃不足や清掃忘れによるアンカー施工不良の恐れを大きく低減させる事が出来る。
- ・孔内で切粉を吸引するため、孔壁面とコンクリート躯体に入った亀裂がつながっていたとしても、亀裂内に切粉が侵入・残留することはほとんどない。コンクリート補修工事で亀裂を樹脂で埋める工程がある場合、清掃の手間を大幅に軽減し、施工信頼性を向上させる

ことが出来る。

吸塵ドリルは上記のように、作業環境改善、アンカー施工信頼性の向上、切粉回収の必要な特殊用途に大きく貢献する。従来のコンクリートドリル施工に比べ追加で必要なものは集塵機だけという手軽さや、作業環境規制厳格化（粉塵等）の流れもあり需要の拡大が進む製品である。

一方これら吸塵ドリルは、本体シャンクが内部に吸塵経路を持つパイプ形状で設計されているため、強度的に小径化が難しくこれまでφ10mm 程度までしか製造されていなかった。先の震災もあり、既存設備の耐震補強工事は今後ますます重要となってくるが、その内容も多様化しており、いわゆる外壁ピンニング工法のような小径の吸塵ドリルを強く要望する場面も増えてきている。

○研究目標

そこで本研究においては、これまで製品化が困難とされてきたφ4～8 mm区間のサイズをメインターゲットとして吸塵コンクリートドリルの開発を行なう。

これまでの設計のまま単純には小径化できない理由が何点かあるが、それらを下記に挙げ、問題解決のための対応策と目標値を示す。

【1. 超硬チップの設計課題への対応】

●問題点

- ・先端超硬チップは3個一組の十字型で先端にろう付けされるが、刃先全体としてみたとき、主刃と副刃のろう付け部品となっている従来の設計では小径化の場合に強度的な難点がある。
- ・先端部に吸塵口を配置する関係上、チップをろう付けする部位であるシャンク先端のスリットと、吸塵口、吸塵経路であるシャンク中央の貫通孔の位置関係が強度確保の上で重要になってくる。ここで超硬チップが従来のように3個組のままだと、ろう付け時にうまく配置するためにシャンク形状に制限が出てくる。

●対応策

これらの課題について、【1－1】超硬チップの設計変更、【1－2】新設計チップのサイズラインナップ拡大にて対応する。

【1－1】超硬チップの設計変更（ユニカ株式会社）

従来の分割・組合せ型であった先端超硬チップは、ろう付け時の位置決め作業の煩雑さや、刃先全体としての強度が超硬同士の接合部位がある分だけ低いという理由もあり、細い製品径の展開に限界があった。本研究では、刃先チップの高強度化と本体シャンクの形状の自由度を向上させるため、分割・組み合わせであった超硬チップを一体型に設計変更する。

3個組みチップの一体化の研究はユニカ社内で何度か行われてきたが、ろう付け時にチップクロス部分中央から割れが発生する事案などにより中断していた。本研究では、交差角や厚み寸法の見直しを行い、新設計で作製可能なチップメーカーの協力も得て一体化を実現する。

【1－2】新設計チップのサイズラインナップ拡大（ユニカ株式会社）

対象サイズ範囲に設計変更を拡大し、機能上問題のないことを確認する。

●目標値

【1－1】超硬チップの設計変更、【1－2】新設計チップのサイズラインナップ拡大を

通して、最終的には目標サイズの吸塵ドリルとして機能するクロス一体型のチップ設計を目指す。

チップ単体の刃先としての性能目標としては、通常の吸塵でないコンクリートドリル形状で試作を行い、穿孔評価において従来 3 個組み刃の同径製品と同等以上の性能を得ることを目標とする。具体的な目標値を下記に示す。

○条件

- ・電動機は SDS-Plus 軽量ハンマードリル（出力はサイズにより変更）
- ・相手材はコンクリート
- ・目標値は製品寿命までの総穿孔長

○目標値

一例として、φ6.4 以上で総穿孔長 10m 以上（電動機出力 800W）

【2. フラックスレスろう付け法確立への対応】

●問題点

- ・先端超硬チップは高周波加熱装置を用いて手作業のろう付けによりシャンク先端に接合されているが、φ15mm 程度までの小～中径コンクリートドリルは熱処理の関係上銅ろう付けにて製造されている。このとき、ろう付け補助材としてフラックスが用いられるが、このフラックスはろう付け後ガラス質となつてろう付け部周辺に残り、吸塵ドリルの場合吸塵口の中にも入り込んでしまう。通常フラックス残渣は湯洗とショットブラストにより除去されるが、吸塵ドリルが小径化するに従い吸塵口内に入り込んだフラックスの除去が難しくなり、最悪の場合吸塵機能障害で使用できないものになってしまう。
- ・フラックスを使用しないろう付け方法としては、不活性ガスのアルゴンや窒素、もしくは水素などの雰囲気ガスを使用した方法や、真空・減圧状態を利用した方法などがある。いずれも連続炉など炉中ろう付けでの実例が多い。しかしながら、炉中ろう付け設備は比較的大型のものが多く、コンクリートドリルなど製品径・全長に幅のある製品に対しては対応力が低いという難点がある。また、炉中ではシャンク全体の加熱となり、鋼の焼入れ温度より高いろう付け温度にて長時間加熱されるため、特に小径ドリル製品ではシャンク本来の熱処理強度が発揮できないという課題もある。

●対応策

これらの課題について、【2-1】フラックスレスろう付け法の確立、【2-2】ろう付け作業の機械化にて対応する。また、平成 28 年度から【2-3】極小径サイズのチップ接合高強度化のテーマを追加する。

【2-1】フラックスレスろう付け法の確立（ユニカ株式会社及び岩手大学）

本研究では、局所・短時間加熱と使用ガス低減のため、製造エネルギー効率の高い高周波加熱装置を用い、加熱部位に局所的に雰囲気ガスを通じることでフラックスレスろう付けを行うことを目指す。使用するガスは、水素・アルゴン・窒素またはそれらの混合気体の中から最適なものを選定する。ろう材についても、接合強度やろう流れなどの観点から品種を選定し、また供給方法については板ろうの打ち抜き材を用いた置きろう法などを検討し、ろう付け部品の高精度化を目指す。それらを総合し、小径吸塵ドリルの実用強度として遜色ない接合部品を製造できるろう付け法を開発する。

【2-2】ろう付け作業の機械化（ユニカ株式会社及び岩手大学）

小型・薄肉部品への高周波加熱によるろう付けになるため、最適ろう付け条件の範囲が狭

く少々のばらつきも性能に大きく影響することが予想される。その解決のため、従来は目視・手作業で行われてきたろう付け加熱工程を自動で行う自動ろう付けシステムを開発し、製品性能の安定化を図る。

【2-3】極小径サイズのチップ接合高強度化

これまで従来製品の径小径化として、シャンクスリットに超硬合金を嵌め込んでろう付けを行うスリット方式を採用してきたが、φ5 台サイズまで縮小してくると使用中にスリット部分から早期破損してくる割合が、クロスではないシングルタイプのドリルに比べて多くなってくるのが分かっている。また求められるスリット寸法精度も非常に高く、生産性の面でもネックになってくる。これはクロスドリルをスリットタイプで作製できる限界点を表しているものと考えられる。一方、クロスドリルに代表される多角形断面チップドリル（多刃ドリル）の小径サイズに関しては、先端形状をすべて超硬で形成し、それをシャンク先端に端面同士で接合したソリッドヘッドタイプが市場に出回り始めており、スリットタイプでは不可能と思われる極小径サイズまで多刃ドリルとして製品化されている（吸塵でないドリルの場合）。このソリッドヘッドドリルの製造方法についての情報を得たため、本件極小径サイズの吸塵ドリルに応用可能か調査し、φ4～5 台の目標寿命 6～8m の達成を目指す。

●目標値

最終的には目標サイズの吸塵ドリルとして機能する先端超硬チップ接合部位をフラックス無しで作製することを目指す。フラックスレスろう付け技術単体としての目標としては、ろう付け温度 850℃以上のろう材を用い、雰囲気ガス中で自動ろう付けにおいて作製したフラックスレスろう付け試作品について、フラックスを用いた従来ろう付け法での製造品と同等以上の接合強度を確保することとする(例：せん断強度目標値で 200N/mm²)。

【3. 本体シャンクの高強度化への対応】

●問題点

- ・従来、本体シャンク中央の貫通孔はガンドリル等による深孔切削加工によって行われてきた。打撃穿孔工具であるため、シャンク全体としては電気ハンマードリルへの取付け部側から継ぎ目のない一体形状、かつドリルとしての有効長確保のためにこのような片側からの深孔加工になっている。この方法のままでは細径化には限界があり、たとえば呼び径φ4mm の吸塵ドリルを作製しようとしたとき、中央貫通孔をφ2 で 50mm 以上切削する方法が、現時点ではコンクリートドリルの生産上コスト的に現実的ではない。
- ・本体シャンク自体の強度についても再考が必要と考えられる。先端強度の問題もあり、これまで小径パイプ形状の打撃工具の開発は進んでこなかったが、中央に貫通孔が開いている分通常のドリルに比べ機械的に強度が低いことは明白である。本体鋼材シャンクの強化加工を検討する必要があると考えられる。

●対応策

これらの課題について、【3-1】高強度形状の開発、【3-2】シャンク材料及び加工法の最適化、また平成 28 年度からの追加テーマ【3-3】シャンク製造コスト削減と吸塵アダプタの設計にて対応する。

【3-1】高強度形状の開発（ユニカ株式会社）

シャンク先端部・吸塵口周りの部位は、パイプ状の材料である上に開口部を必要とする。この部分の強度と吸塵効率を保ちつつ小径化していくためシャンク先端部設計を行っていく。

【3-2】シャンク材料及び加工法の最適化（ユニカ株式会社及び岩手大学）

吸塵経路を持つシャンク本体部の製造方法を確立する。シャンク本体は、本件の最小サイズ用のものと吸塵経路用深孔がφ2、長さ 50～100mm となることが予想され、従来からの切削加工では難易度・コスト面から対応しきれなくなってくる。これら深孔加工への対応、また強度・コスト面から見たシャンク材料の最適化を行う。

【3-3】シャンク製造コスト削減と吸塵アダプタの設計

吸塵アダプタを含めた、シャンク本体部以外の部分の設計を行う。【3-2】と連動し、シャンク本体と電動機取付側シャンクについて一体型・分割型どちらが有利か検討し、製品強度（寿命）・コストが折り合うよう設計を行う。また、それらシャンク形状や現場作業者の声、吸塵性能を考慮して吸塵アダプタの設計も行っていく。

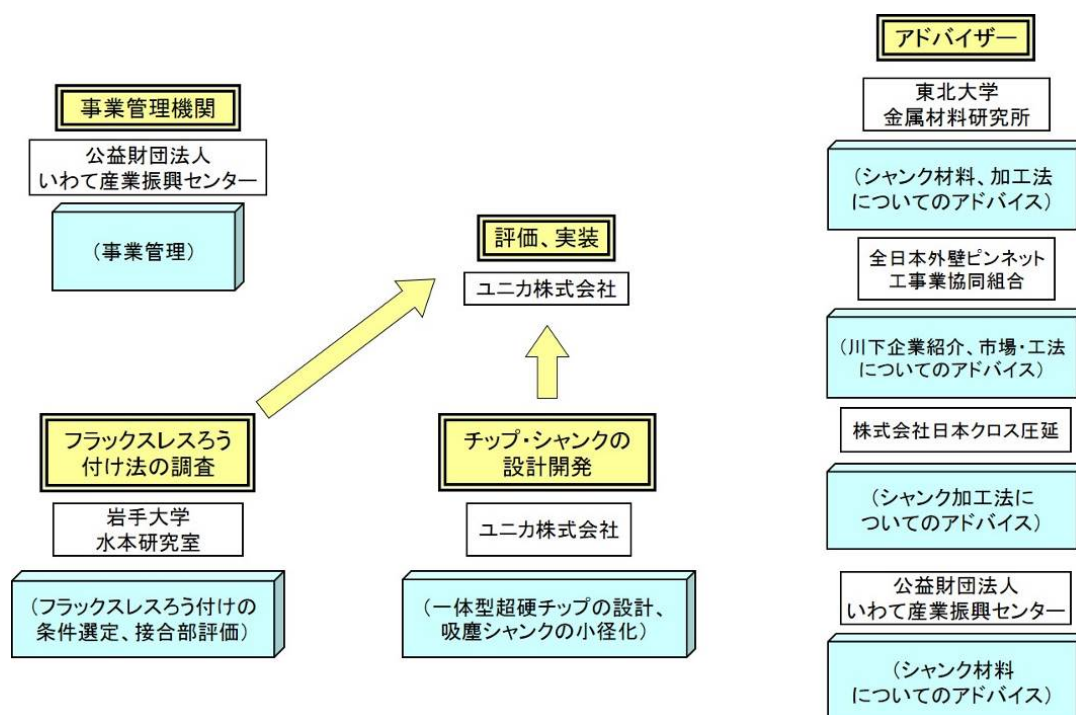
●目標値

呼び径φ4.0 からφ9.5 の各製品サイズについて、出力 600～800W の電気振動ドリルもしくは電気軽量ハンマードリルを使用し、コンクリートに対し 8～10m 以上の総穿孔長を持つ吸塵ドリルビットの開発を目指し、それを可能とするシャンク形状の確立、鋼材種選定、加工法選定を行う。また、製造コストにおいては、本体加工費は、一般のコンクリートドリル原価比：1.5 倍以内（吸塵アダプタ含まず）を目指す。

また全体を通して、開発した吸塵ドリルを用いたアンカー施工試験においては、孔内清掃作業無しで安定して所定のアンカー引張強度（φ6.0 孔／埋込深さ 30mm で 6.5 kN 以上、もしくは M4 全ネジピンの破断）を達成することを目指す。

1-2 研究体制

研究体制の概要を下記に示す。



事業管理機関：公益財団法人 いわて産業振興センター

氏名	部署・役職
田澤 潤	ものづくり振興部 チームリーダー
小笠原 勇司	ものづくり振興部 研究開発支援員
村上 あずさ	ものづくり振興部 短時間勤務職員

研究開発機関：ユニカ株式会社

氏名	部署・役職
柳生 孝之	技術部 アンカー部門 次長
鳴海 昭紀	技術部 工具部門 課長
沼田 真吾	技術部 アンカー部門 係長
佐藤 勝也	技術部 工具部門
小野寺 晃	岩手工場 製造課 課長
小野寺 博敏	岩手工場 製造技術課 課長
田中 義和	岩手工場 製造技術課 技師
ルオン ヴァン クエン	岩手工場 製造技術課

研究開発機関：国立大学法人 岩手大学

氏名	部署・役職
水本 将之	理工学部 教授
中村 満	理工学部 名誉教授

1-3 成果概要

本研究では、φ4.0～9.5 の小径吸塵ドリルの開発を目指し、各課題について検証を行った。

【1. 超硬チップの設計課題への対応】（ユニカ株式会社）

【1-1】超硬チップの設計変更では、φ6.0 以上のスリットタイプに関して現行品と遜色ない穿孔性能を有した一体型クロスチップを開発することが出来た。

【1-2】新設計チップのサイズラインナップ拡大では、φ6.0 未満のソリッドヘッドタイプの超硬チップの設計・試作を行い、穿孔試験（実使用試験）で形状調整点を確認するに至った。

【2. フラックスレスろう付け法確立への対応】（ユニカ株式会社及び岩手大学）

【2-1】フラックスレスろう付け法の確立では、フラックスレスろう付け法の確立では、フラックスを用いない雰囲気ガス内での高温ろう付けを行い、接合強度目標値（せん断試験にて）を達成するろう付け条件を見つけることが出来た。

【2-2】ろう付け作業の機械化においては、実製品形状試料において、ろう材供給装置を付加した自動ろう付け装置において、目標加工時間を達成する自動ろう付けプログラムを作成した。この自動ろう付け工程において、スリットへのろう流れ不良を検知するための画像認識装置を整備、ろう不足不良の検知についていくつかプログラムを作成した。今後この画像認識装置とろう付け機を連動させる調整を行っていく。

【2－3】極小径サイズのチップ接合高強度化では、試作したソリッドヘッドタイプのチップを特殊接合法にて鋼材シャンクに直接接合を行なった。接合精度は、簡易形状チップではあるが目標精度（同軸度）を達成した。接合強度に関しては現状目標値の30%ほどを示しており、今後の接合条件選定が課題となっている。

【3. 本体シャンクの高強度化への対応】（ユニカ株式会社及び岩手大学）

【3－1】高強度形状の開発、【3－2】シャンク材料及び加工法の最適化、及び【3－3】シャンク製造コスト削減と吸塵アダプタの設計の全体を通じて、 $\phi 6.0 \sim 9.5$ までの SDS 軽量ハンマードリル用吸塵ドリル（スリットタイプ、パイプシャンクをテーパ形状で SDS シャンクと一体化）、及び $\phi 4.0 \sim 6.4$ までの電気振動ドリル用吸塵ドリル（スリットタイプ、パイプシャンクをストレートシャンクとねじで繋ぎ、先端交換式）で製品仕様を決定、穿孔試験目標値を達成した。 $\phi 4.0 \sim 5.5$ までの SDS 軽量ハンマードリル用吸塵ドリル（ソリッドヘッドタイプ、テーパ形状一体化）は、チップの接合強度向上を目指し研究を継続している。

吸塵口の効率的な作製と切りくず除去のしやすい形状として、吸塵口の形態とチップ形状、及びその関係についての特許を出願した。

吸塵アダプタについても専用設計で作製し、各小径吸塵ドリルにおいて実装、機能上問題ないことを確認した。これらの組み合わせで施工されたコンクリート下穴（清掃なし）は、通常のスパイラルドリルでの施工で推奨される孔内清掃方法を行なった場合の下穴と比較し、樹脂系アンカー施工後の引張試験で数%の強度上昇を示した。この結果は、アンカー下穴清掃工程の大幅な省力化の可能性を示すばかりでなく、清掃忘れによる事故を未然に防ぐ施工安全性の向上へも大きく寄与するものである。

1－4 当該研究開発の連絡窓口

所属・氏名：ユニカ株式会社 技術部 鳴海昭紀

E-mail：a.narumi@unika.co.jp

Tel：0197-56-3642

第2章 本論

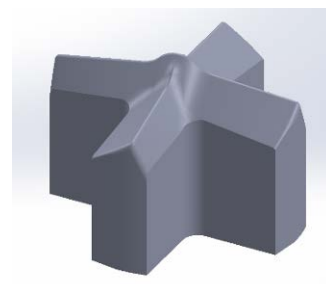
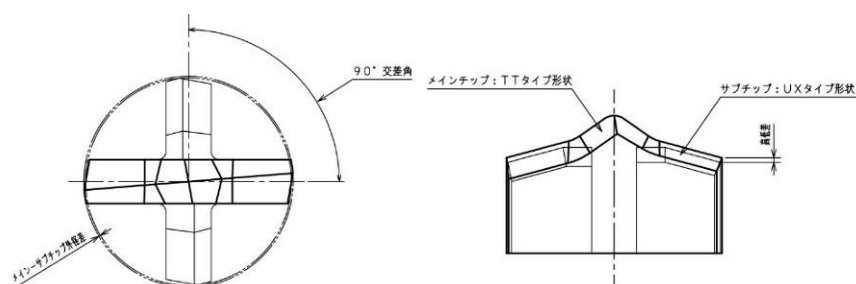
【2-1 超硬チップの設計課題への対応】

2-1-1 超硬チップの設計変更

○一体型クロスチップの設計

【概要】

ユニカ株式会社では従来、クロスチップドリルを製造するのに、直角でない交差角を採用し3つの分割チップを組み合わせて使用してきた。それを本事業では一体型の90°交差角クロスチップに設計変更する。



上図：起案図と3Dイメージ

【結果】

相談用の起案図を作成し、超硬チップの製造メーカーに相談を行った。

○クロスチップの逃げ角違いと性能

【概要】

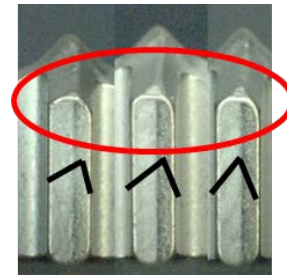
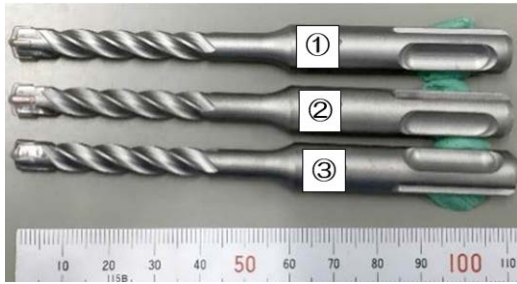
【2-1-1】に関し、チップメーカーの協力により、海外向けの新設計チップの情報提供を頂いた。

提供頂いたサンプルチップ（φ10、12）のスパイラルドリルでの評価結果から、穴明け速度、寿命、強度などは、現行品のクロスドリルとほぼ同等の性能を有することが分かった。（当社のクロスチップ設計ポイントである「4つのチップ肩高さ調整」「同チップの外径差」が盛り込まれていた。）

一方で、市場他社製品を評価しつつ、現行品からの優位ポイント（改良版として）を考えた場合、特に、穴明け速度面で、もう一步、優位に味付けしたいとの考えから、【2-1-1】の一環としてその重要ポイントである「逃げ角」の角度別評価を実施した。

【評価結果】

試作クロスチップ	判定	評価概要
逃げ角：A （試作①メーカー推奨）	○	試作中、やや速度が遅いが、チップ割れなく摩耗損傷。
逃げ角：A+5°（試作②）	△	速度は、試作①と変わらず。寿命付近でチップ割れが目立つ。
逃げ角：A+10°（試作③）	×	速度良好だが、チップ割れ・飛びによる短寿命（約半分）となる。



試作品ドリル（スパイラルドリル）

チップ外観

逃げ角試作①、②、③

【結論】

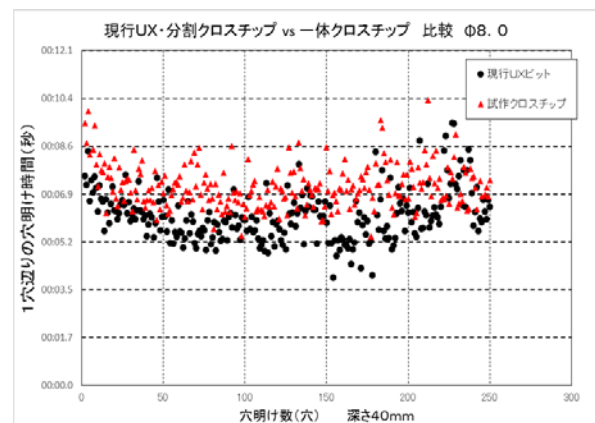
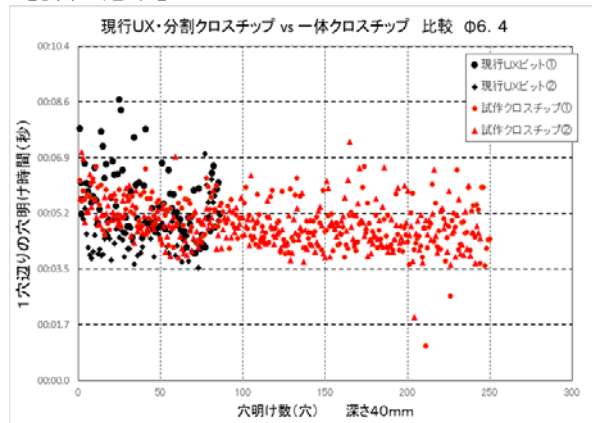
速度面での優位性は確認が取れたものの、チップ割れが起こりやすく、且つ、切粉排出とのバランスが悪くなるため、試作①を採用する。

○サイズ毎の耐久試験データ

【概要】

【2-1-1】の最終目標であるφ6.4、8.0の金型化チップの性能目標確認を、スパイラルドリルの試作品にて実施。

【評価結果】



【結論】

φ6.4、8.0において、刃先仕様（刃先チップ、接合、スリット部強度）としては、φ6.4で現行品以上、φ8.0で現行品と同等という結果が得られた。

そのため、本先端構造を基準にし、吸塵ドリル構造全体の設計を進める。

2-1-2新設計チップのサイズラインナップ拡大

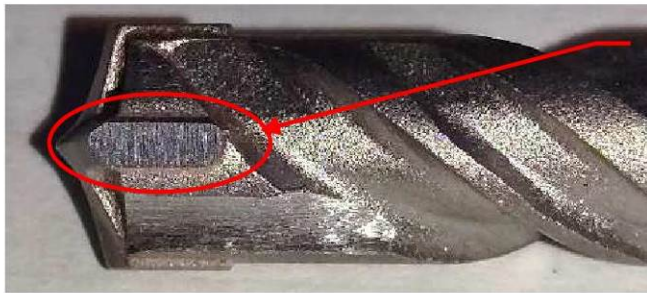
○自動ドリル研削盤整備

【概要】

コンクリートドリルは使用用途によって多くのサイズがあり、需要もばらつくすべてのサイズにおいて専用の超硬チップを用意することはコスト面から大きな問題がある。そこで、【2-1-2】に対応するため、大サイズチップから研磨によりサイズダウン製品を作る実験のため、ドリル自動研削盤の整備を行った。



【結果】



この部分の外周部の研磨を実施。
φ8.3→φ8.1

SDSシャック部をチャッキングし研削を行う。

- ・研削は可能であるが、刃先部の振れを強制的に修正するような治具が必要。
- ・割出方向の位置決めが機械的には難しく、品質が安定しない。
- ・上記2点以外では、問題なく研磨可能。

【課題】

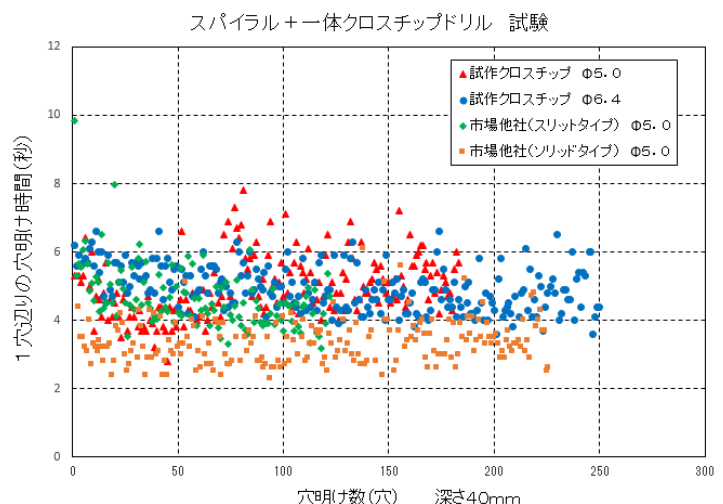
- ・割出方向の位置決めのため、レーザーセンサーを使った位置決めの実験を行う。
(デモ機をメーカーから借用し試験を行い、性能・効果の確認を行う。)
- ・研削部での曲り修正のため、位置決め治具を検討する。
(Vブロックのようなものをイメージ)

○サイズ毎の性能評価状況～試作一体タイプの小径側限界

【概要】

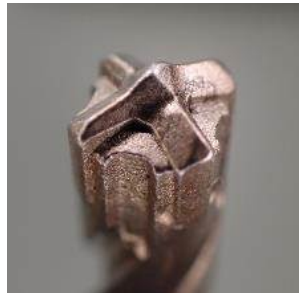
更なる小径サイズを設計するに当たり、φ5.0 一体型クロスチップの市場サンプル（軽量ハンマードリル用ビット）を用意し試作品を作製した。その結果、同形状市場品より優位であったが、目標とする総穿孔長 8mに到達しなかった。一方、近年市場に多いソリッドヘッドタイプの製品（先端打撃部位がすべて超硬で出来ており、何らかの方法でドリル先端平面に接合されている）は今回の寿命目標値をクリアしている。

右グラフ：呼び径φ5.0の、試作一体タイプの超硬チップ性能。
目標値は200穴。





左写真：試作ドリルと比較用他社品



市場ドリル例



中央写真：φ5.0 スリットタイプ

右写真：φ5.0 ソリッドヘッドタイプ

【結論】

【2-1-2】に関連して、本事業での対象サイズの中でも特に小さいもの（極小径サイズ、ここではφ5.0以下）の市場他社品及び試作品の寿命調査を行ってみたが、試作品や試作品と同様にスリットタイプであるφ5.0市場他社品は、ソリッドヘッドタイプの市場他社品に比べ20%以上製品寿命の劣る結果となった。

この結果を踏まえ、φ6.0 未満のサイズ（以下極小径サイズと呼ぶ）について、軽量ハンマードリル用についてはソリッドヘッドタイプでの検討を行うこととする。ソリッドヘッドタイプのチップの接合方法に関しては後述する。

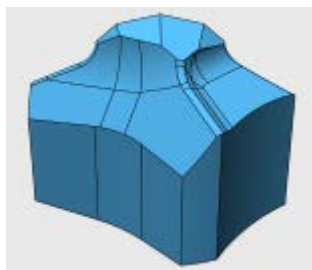
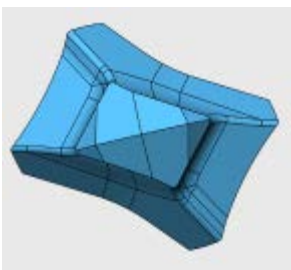
○極小径ソリッドヘッドチップの設計

前述を踏まえ、極小径サイズ吸塵ドリルの先端チップに使用できるようソリッドヘッドチップを設計した。

【結論】

設計思想としては、

- ・位置決め性向上のため、先端を突起状に作製。
- ・切粉の排出経路確保のため、4枚刃の交差角を90°から減らし、断面を菱形に近い形状とする。この長辺を含む側面と同位相のシャンク側に、吸塵口を設ける予定。
- ・この設計はφ4.0～5.5に適用予定。



左図：チップの3D-CAD図面

右写真：作製したチップ（呼びφ4.3、5.0）

○新設計チップの穿孔性能評価

【概要】

作製したソリッドヘッドチップは、特殊接合法で鋼材シャンク先端に接合し、スパイラルドリル形状試作品としたうえで穿孔試験にて穿孔性能の確認を行った。

右のグラフは、φ4.3 ソリッドヘッド超硬チップを接合したスパイラルタイプ（通常形状であり、吸塵でない）ドリル試料の、コンクリートへの穿孔試験結果である。このサイズの目標製品寿命は、実穿孔試験で 6m（40mm 穿孔で 150 穴）としているが、このときの試験では穿孔数は 40 穴前後であった。

終了形態の写真を右下に示す。試料番号 36 は 40 穴穿孔時にシャンク（スパイラル部分）にヒビを発見して中断、残り 2 試料は穿孔途中でシャンク折損にて終了となっている。どの試料も目標値に対し 30%弱でシャンク折損となっているが、ユニカ社内で同サイズのコンクリートドリルを製造している経験上、この穿孔数でまとまった数のシャンク折損が起こることは通常あまりない。

想定される原因としては、

- ①チップの穿孔効率が悪い
- ②シャンクに何らかの異常が起きている
- ③その他の試験環境要因

などが挙げられる。本テーマのチップ設計に起因するところがあるとすれば①（チップ穿孔効率）で、チップの穿孔効率が悪いために電動機からの打撃力をシャンク部分でも受けてしまい、結果早期に疲労限界に達してしまうということが考えられる。

その確認のために、チップ先端を手加工で追加工し、逃げ・すくい角度を穿孔効率が向上する方向に研磨して穿孔試験を行う方法が取れる。これについては、チップの接合試験との調整もあり、現在試験・確認中である。

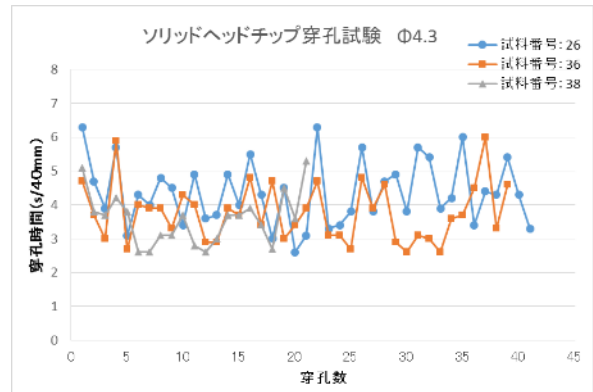
【結論】

新設計ソリッドヘッドチップを用いたスパイラルタイプのドリル試料で穿孔試験を行ったが、目標寿命前にシャンク折損が発生した。チップ形状にシャンク負担を増加させる要因がないか、今後の検討課題となる。

○スリットタイプの追試験（電気振動ドリル向け）

【概要】

SDS 軽量ハンマードリルでのスリットタイプの吸塵ドリル試作は難しいことが分かった。一方で、一部のピンニング施工業者からは、SDS ドリルよりも電気振動ドリルを使用する場合が多い旨の意見が聞かれている。電気振動ドリルは軽量ハンマードリルに比べ打撃力が

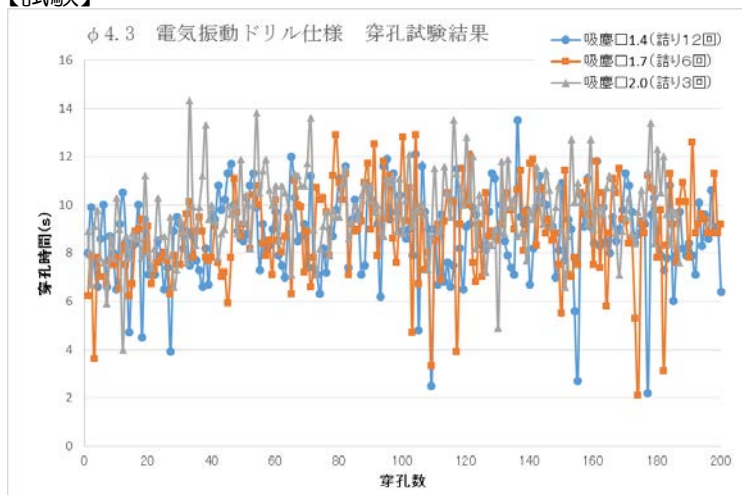


試料：文中参照
被削材：U 字側溝蓋
（コンクリート、27 強度）
電動機：軽量ハンマードリル（650W）
条件：40mm 穿孔、横向き



低く作業効率は落ちるが、既に亀裂・浮きの発生している壁面への穴あけに用いる場合、衝撃の強すぎない振動ドリルを選択する場面もあるということである。これを踏まえ、スリットタイプの極小径試作吸塵ドリルは電気振動ドリルでの使用に耐えられる先端強度を有するか検証した。

【試験】



●試験条件

電動機：電気振動ドリル（750W）

相手材：コンクリート（21 強度）

集塵機：携帯型集塵機（380W）

左グラフ：振動ドリル仕様試作品穿孔試験結果。吸塵口の数字はチップスリットと吸塵口スリットの深さの差。

右写真：穿孔試験後試料先端外観。左吸塵口 1.4（200 穴）が、右が吸塵口 2.0（187 穴）。

【結論】

φ4.3 電気振動ドリル仕様で吸塵ドリルを試作し、無筋コンクリートに対し孔開け試験を行った。結果、吸塵力に調整点を残すも先端強度としては実用可能性があることが分かった。詰りへの対策は吸塵口スリット形状の再設計で対応する。

【2-2フラックスレスろう付け法確立への対応】

2-2-1フラックスレスろう付け法の確立

○フラックスレスろう付け条件調査

【概要】

【2-2-1】の調査に当たり、岩手大学工学部にてコンクリートドリル製造に実用可能なフラックスレスろう付け法の研究を行った。

フラックスレスろう付けの必要性に関しては前述の通りだが、研究すべき項目は下記のような点が上げられる。

- ・装置面から見たろう付け方法の選定（雰囲気作成、加熱方法）
- ・ろう材の選定（850℃以上の融点が必要）
- ・ろう付け強度の確保
- ・シャンク材への悪影響の有無の確認
- ・小径吸塵ドリル形状でろう付けできる方法であるかどうか
- ・コスト面で採用し得る方法であるか

これらの内容を検討した結果、予備調査の段階で下記のように条件の絞込みを行った。

- ・ろう付け装置→ガス雰囲気（混合ガス）を用いた高周波加熱装置
- ・ろう材の選定→高温ろう（硬ろう）

絞込みには岩手大学における過去の研究、及びユニカでの過去事例を用い、製品化を前提に内容を検討した。

【接合条件選定】

接合条件選定に際し、岩手大学内に自動ろう付け加熱装置を導入した。この装置はユニカ社内での過去の試験結果から、周波数 400～500kHz の高周波加熱装置とし、2 段階の昇温プログラム、およびろう材を自動供給できる機能を有するものとした。ろう材自動供給は、ワイヤーろうを設定した速度で送るものであり、【2－2－2】で製品形状試料に用いるが、強度試験片の接合は置きろうを用いてパラメータを減らしている。試料はガラス管内に配置し、管内にガスを流し、管外から高周波加熱コイルにより加熱を行う。



接合条件はユニカ社内の過去データから、

- ・ガス流量；2～2.5l/min
- ・昇温速度；最大 140K/s

という条件を初期設定とし、今回導入の装置での最適値を探った。

【強度試験】

これら条件を元に、用意した強度試験用試験片をろう付けし、ろう付け強度試験を行った。

右上図：雰囲気ろう付け治具の外観

左 図：（上側）接合前の強度試験片

- | | |
|-----------------|------|
| 大ブロック；10×10×27 | 構造用鋼 |
| もしくは 6×6×25 | 構造用鋼 |
| 間のチップ；10×10×1.5 | 超硬合金 |
| もしくは 6×6×1.5 | 超硬合金 |

（下側）接合後の強度試験片



フラックスレスろう付けの強度試験に関してはトルク試験、引張試験によって岩手大学で確認が行われてきた。その中で、強度確認用口10 試料と高周波加熱コイルの寸法的な組み合わせの悪さから、強度ばらつきが大きくなっているということが予想されるような結果が散見されていた。最終的には試料接合断面を、加熱コイル内寸との組み合わせを考え口6.0に落とした。それに伴い、置きろう材をペーストラウ塗布とした。これは断面積が減少したことで、従来使用していたワイヤーろうではろう付け前のセット状態の維持が難しく、ろう材量も多くなりがちで、さらにろう付け時の変異が大きいため、超硬チップと鋼材試料に位置ズレが起こりやすくなることの解決のためである。ペーストラウの成分はワイヤーろうと同様とする。

加熱条件は2段階の昇温プログラムを「予備加熱」「ろう付け加熱」とし、ろう付け温度到達時の均熱化、ろう付け温度での保持時間の短縮を目指した。

せん断強度の確認は、せん断試験治具を作製して行った。この治具は万能試験機による圧縮動作で、本テーマで作製した強度試験片のせん断強度を測定するための専用治具である。せん断強度の目標値は、ろう材の供給メーカーが製品の標準的な接合せん断強度として示している 200MPa (200N/mm²) とする。

右上段のグラフはせん断強度試験の結果を表したもので、縦軸はせん断力の計算値、横軸は接合時のろう付け最高温度測定値である。ろう付け加熱条件は総加熱時間 45 秒を基本条件とし、同出力において最高温度が 1100℃になるよう加熱時間を微調整している。

この結果を見ると、ろう付け温度が測定値で 1140℃を超えたあたりから、安定して目標せん断強度である 200MPa を超えていることが分かる。観測点はないが、1180~1220℃の

間でせん断力ピークが現れているのではないかと考えられるが、この結果は同試料を用いたトルク試験の結果とも合致する（右下段のグラフ）。

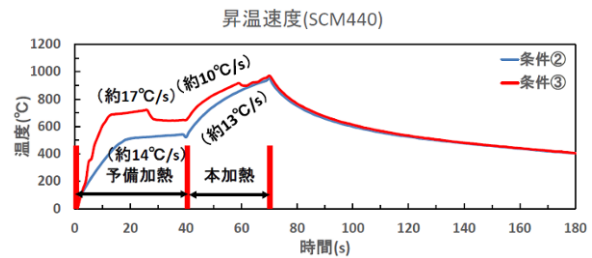
また今回、ペーストラウを使用するに当たりろう材塗布量を少なく調節する試みも行なったが、それにより強度試験結果のばらつきが抑えられ、高い位置で安定する傾向が見られた。ワイヤーろうを用いた試験では、接合断面内に納まる大きさを 2~3 回折り曲げて置きろうとしていたが、これはろう付け前セット時の安定性を求めたもので、ろう付け必要量から考えるとろう材の量はかなり多く、界面から溢れたろう材が接合部外周で何かしらの不具合（応力や金属間化合物の発生など）を引き起こしていた可能性も考えられる。

以上の試験結果から、本テーマで行っている雰囲気ガスを用いたフラックスレスろう付けにおいても、フラックスを用いた場合と同程度のろう付け強度が得られることが確認できた。ろう付け強度の安定には、

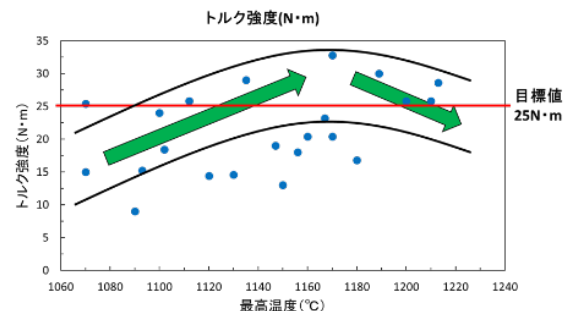
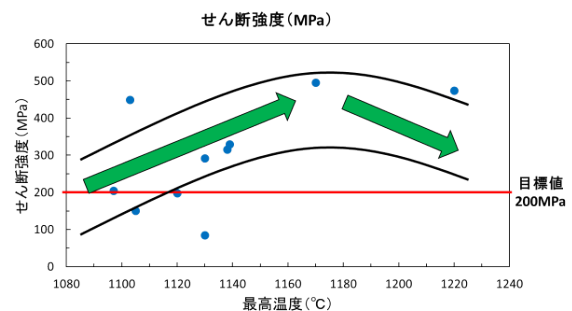
- ① 適切な温度範囲（ここでは接合試料表面の実測値 1160~1200℃）
 - ② 必要最小限のろう材量
 - ③ 加熱コイルと試料の適切な距離
- などの条件が重要となる。

• 穿孔試験用試料の作製と穿孔試験

引張試験やトルク試験の結果を踏まえ、温度等のろう付け条件をそろえフラックスレスろう付けにおいてコンクリートドリル試料を作製、穿孔試験を行った。

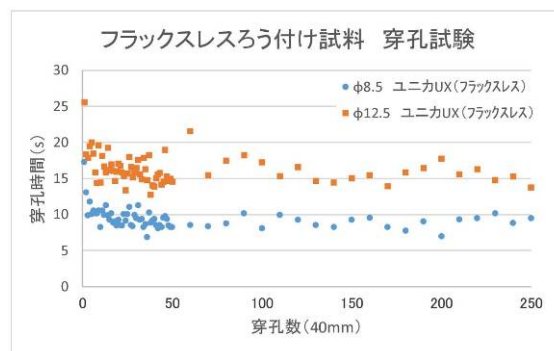


上グラフ：接合界面の温度曲線例



上グラフ：接合温度条件別での強度試験結果

右のグラフは、本装置を用い、ワイヤーろうを置きろうとして設置した、通常のスパイラル形状ドリル試料のフラックスレスろう付け品の穿孔試験結果である。試験の結果、現行ドリルと同等の寿命を有していることが分かった。超硬チップへのダメージが疑われる場面はなく、その後のφ6～8 台試作品の作製時にも応用し、現行ドリル並みの寿命が得られていることから、フラックスレスろう付けに実用的な接合強度があることが確認された。



上グラフ：ドリル形状フラックスレスろう付け品の実使用試験結果

2-2-2 ろう付け作業の機械化

○自動ろう付け加熱プログラムの作成

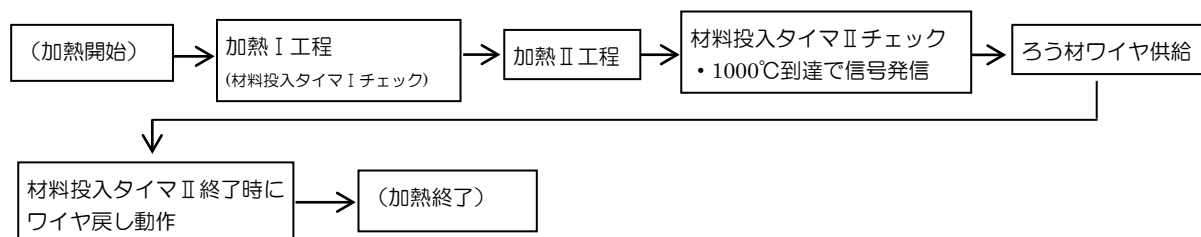
【概要】

平成 28 年度までに、φ6.4 吸塵ドリル形状の試料において、シャンク先端に切断した銅ろうワイヤおよび超硬チップをあらかじめセットした状態でろう付けを行う「置きろう」による方法で自動ろう付けプログラムを作成した。この時は、①装置出力としては 6 秒程度で試料先端をろう付け温度まで加熱することが可能であること、②置きろう法で加熱時間を早くし過ぎるとチップがスリットに自然落下する前に加熱が終了してしまう可能性があること、が確認できている。

工業的に有利な方法でのろう付け法という観点から見た場合、ろう材の供給方法には、置きろう・差しろう・ペーストラウ塗布などの方法が挙げられる。その中で本年度は、加熱前のセット作業が簡便で、ろう材の（ろう付け時の）供給コストが比較的安価な差しろうでの自動加熱プログラムが作成できないか実験を行った。

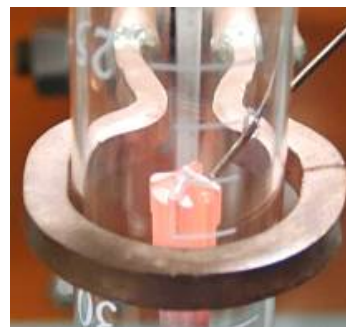
【実験】

実験は岩手大学に導入しているろう付け試験機、および自動ろう材供給装置を用いて行った。これらの装置は、ろう付け試験機からの信号を受け取りろう材供給装置が連動するように設定されている。一連の動作のフローを下図に示す。



加熱工程Ⅰは予熱、加熱工程Ⅱがろう付け加熱となっており、装置の仕様としてはどちらの工程からも「材料投入タイマ」として信号を発信することが出来る。今回は、ろう付け加熱である加熱工程Ⅱ内において、試料温度が 1000℃を超えた段階で材料投入タイマがスタートするように設定した。材料投入タイマが開始すると、ろう材供給装置からワイヤーろうが供給され、材料投入タイマ終了と同時に一定量だけワイヤーが戻る設定にしている（ワイヤーが試料先端に付着して固まるのを防ぐため）。

ワイヤーろうは、ガス雰囲気を通じるためのガラス管側面に穴を開け、そこから供給できるようにした（右写真参照）。雰囲気保護用のガラス管に穴を開ける格好になるが、ろう材直径とほぼ同一の径で穴を開けており、この程度の隙間であれば雰囲気ガス流量で十分雰囲気制御できることは、ユニカ株式会社の社内実験により確認済みである。



今回差しろうでのろう付け実験を行うのに際し、ワイヤーろうの供給口が 1 箇所しかないことから、片方から挿したろう材が溶融して広がり、逆側のスリットを満たすことが出来るかどうかが課題の一つとなる。

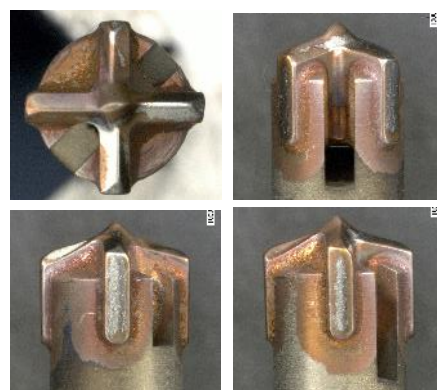
以上から、自動ろう付け試験条件は、

- ・安定して 1000℃に達するまでの加熱条件の選定(合計 20 秒以下)
- ・ろう材供給量の調整（材料投入タイマとろう材送り量の設定）
- ・ワイヤ戻し量の設定

の観点からパラメータを調整し、外観上シャンク先端のチップスリットチップの間に隙間なくろう材が流れていること（かつ穿孔・吸塵の妨げになるようなろう材の溢れ出しがないこと）を目指して推移している。

【結果】

結果、ある範囲の接合条件で外観上良好な接合試料を得ることが出来た（右写真）。ろう付け時間としても加熱終了までの時間が 16 秒程度となり、目標をクリアしている（加熱タイマⅠ＋Ⅱ。材料投入Ⅱタイマは加熱タイマⅡ内に含まれている。）。この条件は、後日行なった 9 本の連続ろう付けでも安定したろう付け動作を示し、穿孔試験の結果も問題なかった。本試験により、差しろうでも自動フラックスレスろう付けを行うことが出来ると確認された。



上写真：良好なろう付け外観試料

2-2-3 極小径サイズのチップ接合高強度化

○超硬ソリッドヘッドチップの鋼材シャンクへの接合試験

【概要】

【2-1-2】で言及するように、呼び径 6.0 未満のサイズの SDS 軽量ハンマードリル用ドリルビットは、先端部がすべて超硬素材であるソリッドヘッドタイプがスリットタイプより数十%高い製品寿命を持っている。スリットタイプでは、中空パイプをドリル本体として用いる吸塵ドリルは小径化が特に困難であることもあり、ソリッドヘッドタイプの接合技術の取り込みが呼び 6.0 未満の小径吸塵ドリルを開発するに当たり有効であると考えられる。

そのソリッドヘッドチップのシャンクへの接合方法に関して、有効な手段を持つ企業と接触することが出来たため、コンクリートドリルとして機能する強度での接合が可能であるか検証した。

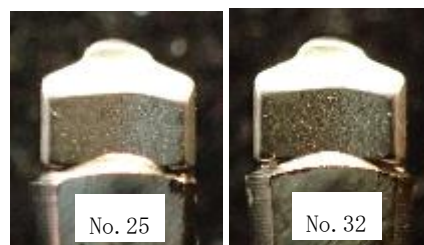
【実験】

接合実験は、チップは比較的単純形状の円錐柱チップ、また実製品形状に近い複雑形状チップ（【2-1-2】で作製）の 2 種類を用いた。ドリル本体シャンクはまずは通常ドリルと同様のスパイラルシャンクを用いて、実使用に耐える接合強度を確保することを目指した。接合界面は平面または曲面の組み合わせで、ドリルとして使用時の穿孔打撃に対し、シャンクが超硬チップから衝撃を受ける面積がスリットタイプより大きくとれる設定となっている。接合装置の内容はここでは省略する。



上写真：ソリッドヘッド接合試験に使用した超硬チップの外観

ソリッドヘッド接合試験後の試料の一例を右写真に示す。今回の試験では、まず接合外観の良好な 1 条件で複数本の試料を接合し、熱処理に関しては普通焼入れと浸炭焼入れの 2 種類を適用している。これは、ドリル製品としては疲労強度向上のために浸炭焼入れを適用したいところだが、浸炭焼入れは超硬チップの割れを誘発しやすいというユニカ社内での経験則があるため、普通焼入れも同時に行いその差異を検証するためである。



上写真：ソリッドヘッド接合試料の外観（スパイラルタイプ）

穿孔試験の結果を右図に示す。目標強度は 40mm 穿孔で 150 穴であるため、最も強度の高いデータでも目標の半分程度となっている。終了形態を見ると、

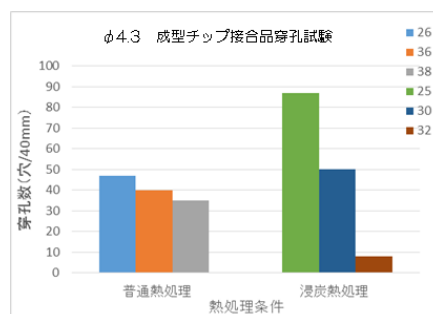
普通熱処理：チップ脱落・シャンク折損併発（No.26）

シャンク折損（No.36、38）

浸炭熱処理：シャンク折損（No.25）

チップ脱落（No.35、32）

となっている。



試料：文中参照
被削材：U 字側溝蓋
（コンクリート、27 強度）
電動機：軽量ハンマードリル（650W）
条件：40mm 穿孔、横向き

これらの結果から、

- ・普通熱処理の結果からは、チップの接合強度の確認までは行なえなかった。シャンクの早期折損の原因は、①設計したチップの穿孔効率が悪い、②浸炭熱処理でなければシャンク強度が持たない、③本試験でのソリッドヘッド接合特有のシャンクへのダメージが発生している、などが考えられる。

- ・浸炭熱処理の結果からは、チップ本体（もしくは接合部）への悪影響が疑われる。ここでもシャンク折損が目標数より低い段階で発生している、前述の①もしくは③が影響している可能性はある。

ということが考えられる。チップ先端の設計変更については、今後追加工品の試験を行って検討の必要性を判断する。またシャンクの実用強度を考えると浸炭熱処理は必要になってくるので、強度低下が起こっているのか、またその理由は何かについての調査を行い、接合条件の再検討を行っていく予定である。

本実験では吸塵ドリル用のパイプシャンクも接合実験を行っている。今回は開口部のあるパイプ先端に直接チップを接合するため、接触面は環状になっている。試料は、接合試験後に接合界面からシャンク側に2mmの位置にφ1.5の吸塵口を1つ開け、その後浸炭熱処理を行なって穿孔実験を実施した。結果、目標値の5%ほどの穿孔数で先端潰れが発生した（右写真下段）。吸塵ドリル向けパイプ形状に関しては、今回のφ2開口部がそのまま存在する接合界面では、製品として電動機打撃力に耐えられず座屈が発生する可能性が高いことが伺える。この点を改善するために、スエーシング加工や蓋状鋼材パーツを挟むことによる開口部の狭窄化を行なった試料での溶接試験を今後検討していく。



右上写真：パイプへのソリッドヘッド接合試料の外観
右下写真：穿孔試験後のドリル先端外観

【2-3 本体シャンクの高強度化への対応】

2-3-1 高強度形状の開発

2-3-2 シャンク材料及び加工法の最適化

2-3-3 シャンク製造コスト削減と吸塵アダプタの設計

本 3 テーマは、【2-1-1、2】また【2-2-1、2、3】で研究した刃先に関するテーマを応用し、吸塵ドリルとして発展させるための本体シャンクおよび吸塵アダプタを検討するものである。課題ごとにテーマを分けているが、実際は各テーマが入り組むため、ここでは関連研究事項をまとめて報告する。

○ドリル本体へのパイプ材料の試用と電動機側シャンクのつなぎ方の検討

【概要】

吸塵コンクリートドリルは、先端で発生する切粉を吸引するためにドリル本体内部が中空になっている。この形状について、従来は中実の棒材を用いガンドリル加工で作製されてきた。この工程は吸塵ドリルの製造コストを押し上げ、その普及の障害の一つとなっている。本テーマでは、ドリル本体にパイプ材料を用いることでコスト低減及びドリル有効長の自由度向上を目指した。

ドリル本体にパイプ材料を用いる場合でも、電動機取付側はハンマリングを行う関係上中実でなくてはならない。対象を SDS 軽量ハンマードリルとすると、電動機取付側のシャンク径はφ10 が必要になってくる。今回、コンクリートドリル本体に使用可能な材種で、市場一般的に入手可能であったパイプ材料は外径 7.5×内径 2.5、および外径 10.0×内径 4.0 であった。これらのパイプを用いたドリル本体を、SDS シャンクと接合し、さらに吸塵アダプタを取り付けることで吸塵ドリルが機能することになる。そのため、パイプ材で作製したドリル本体と従来通りの棒材から作製したシャンクをつなぐ方法を検討し、コスト・製品強度面から最も有利なものを選択する。ここでは製品として高い強度の求められる SDS 軽量ハンマードリル向けとして検討を行っていく。

【試験】

ドリル本体と SDS シャンクの接合方法だが、接合部を取り外し可能な設計にできるかどうかで実使用時のランニングコストが変わってくる。取り外し可能な設計にできるとドリル本体のみを消耗品と位置付けることが可能になるため、ランニングコストが下がり、付加価値の高い製品になる。

そこで、SDS 軽量ハンマードリルでの打撃使用後でも本体ビットが取り外せる構造を目指し、いくつかの試作を行った。また、取り外し不可能な接合方法でも、強度・製造コスト面で優位なものは合わせて試作している。その結果を下記に示す。

・丸ネジ接合試作品

丸ネジは大口径のハンマーコアなどで取り外し実績のある方法。今回は電球ねじの規格を用いたが、性能面では検討の余地があるものの、機械加工コストがまだ高い。

・ろう付け接合試作品

本体が取り外せない設計。形状は単純で機械加工費は安い、ろう付け部位が先端と合わせて 2 箇所になる。



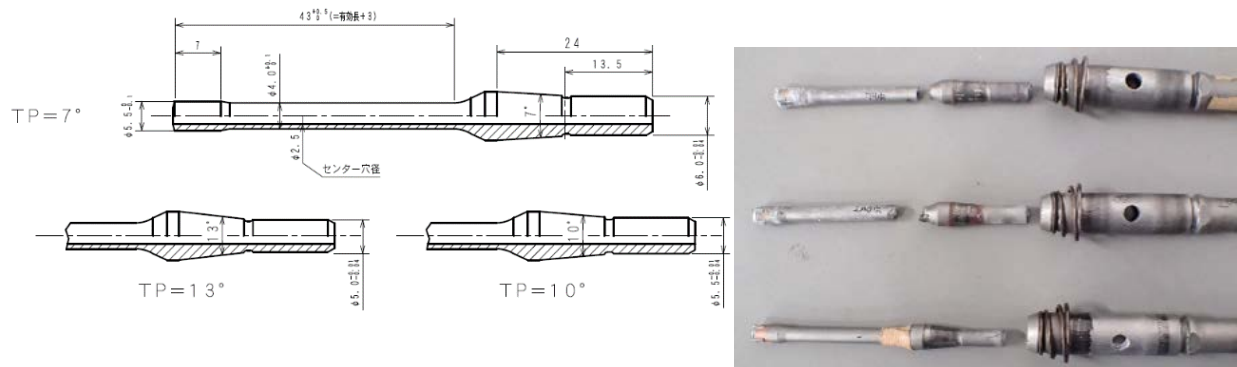
上写真上段：丸ネジ試作外観
上写真中段：ろう付け試作外観
上写真下段：テーパ試作外観

・テーパー軸接合試作品

テーパー軸接合は、中～大径のハンマードリルで先端交換式の実績のある方法で、機械加工は比較的単純、精度・強度とも良好である。

まずはテーパー規格に MT-O を用いたが、今回の寸法関係でハンマードリルの打撃力が加わると、ドリル本体の取外しは容易なものではなくなった。取り外さない設計としては破損もなく良好である。

次に、MT-O からテーパー角度を変更し実用的な使用感が得られるか試験を行う。



上左図：取外し想定テーパー軸のドリル本体試作品図。テーパー角度を従来より大きく取っている（JIS 規格外）。

右写真上：TP 角度 7°、80 穴で本体折損。

右写真中：TP 角度 10°、200 穴で本体折損。

右写真下：TP 角度 13°、本体が外れ易過ぎ、中断。

テーパー角度を大きく取ることによって使用後に取り外しやすい構造になることを期待したが、この製品サイズでは電動機出力に対し変形が避けられないものと思われる（SDS シャンク（テーパー雌側の耐久性が疑問）。それを解決するためシャンク径を大きく取るとコストアップになるため、このタイプで製品化は現実的でないと判断する。

【結論】

SDS 軽量ハンマードリル向けに、ドリル本体にパイプ材料を用いること、またドリル本体交換式を実現するための接合方法を開発することを目標に試験検討を行ったが、本体交換式を実現できる有力な設計は見つけることができなかった。これらの検討の中で、本体とシャンクをテーパーで接合し、一体型として取り外さない方法が強度・コスト面で SDS 向けには最も有利であることが分かった。穿孔試験結果は後述するが、テーパー接合品を用いた一連の試験の中で、本体／シャンク接合部に不具合の発生したものは確認されていない。

○振動ドリル向け先端交換式吸塵ドリルの検討

【概要】

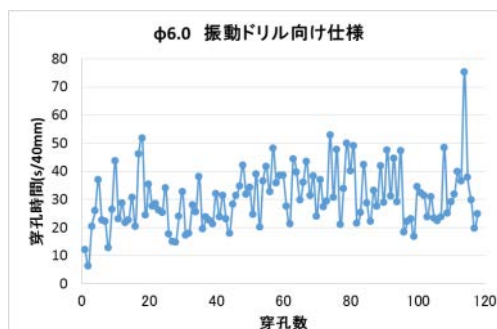
本事業では、穿孔試験で使用する汎用電気ドリルを SDS 軽量ハンマーとしているが、比較して打撃力の低い電気振動ドリルが用いられる現場もある。電気振動ドリルの打撃力であれば呼び径 6.0 未満の極小径吸塵ドリルでもスリットタイプの刃先構造が採用できるほか、SDS ドリルでは強度確保ができなかったネジ接合式の先端交換構造が採用できる可能性がある。この方式が採用できると、消耗品であるビット本体がさらに安価に提供できるようになるため、ランニングコストが低下し、より吸塵ドリルが採用しやすいものとなる。

これまでに、SDS 軽量ハンマードリル向け先端交換方式として、電球ねじやテーパーで

の接続方法を検討したが、製造コストや性能面で十分なものを開発することはできなかった。今回対象とする電気振動ドリルはドリルビットへの衝撃伝達構造の違いから、軽量ハンマードリルに比べドリルビットへの機械的な負担は低い。ゆえに、製造コストを安価に抑えるためにも吸塵ビット本体とシャンクとの接続部を一般的なミリねじでつなぐ方法で試作品を作成し、穿孔試験を行った(右写真)。

【試験と結果】

穿孔試験の結果を右図に示す。ここでは、目標寿命をチップ摩耗およびシャンク疲労の観点から累積穿孔時間 60 分とした(穿孔効率が SDS 軽量ハンマードリルに比べて落ちるため)。累積時間が 60 分(3600 秒)を超えたところで試験を停止し、シャンクからドリル本体をスパナを用いて取り外したが、変形を伴うような無理な力を加えることなくネジ部から取り外すことができた。振動ドリル向け仕様は、サイズ(呼び径)が大きくなればなるほど穿孔時間の増加がネックとなるため、実用性を考慮し呼び径 4.0~6.4 程度までをサイズラインナップとして考えている。今回、呼び径 6.0 で無理なくねじ繋ぎ部が機能したことから、本使用は振動ドリル向けの全サイズで機能するものと考えられる。



試 料：文中参照
被削材：U 字側溝蓋
(コンクリート、27 強度)
電動機：電気振動ドリル(750W)
条 件：40mm 穿孔、横向き

○試作吸塵アダプタの評価

【概要】

吸塵ドリルの吸塵(吸引)機能は、市販の集塵機を用いることを想定している。吸塵ドリル本体と集塵機ホースをつなぐのが吸塵アダプタだが、この部品には、①ビット数本分以上の寿命を持つこと、②消耗品の交換がしやすいこと、大きくこの 2 点が求められる。

【試験】

これらを考慮し、吸塵アダプタの着脱性について試作検討した結果を下記に示す。

試作名	評価	概要・今後
一体型ドリル ADP 着脱クリップ	×	クリップの着脱がし難く、且つ、使用中の振動で緩んでしまう。繰返し使用での変形も有。 検討中止。
一体型ドリル ADP 着脱Oリング	○	従来のテーパーバネとの組合せ。現場訪問試験でも対応し、動作不具合無。寿命があと一步。*継続検討する。
一体型ドリル ADP 着脱特殊リング	△~×	使用中の振動で外れてしまう。リング強度アップでの可能性もあるが、着脱性が犠牲になる。 検討中止。
一体型ドリル ADP 着脱バネ	×	数穴でバネに変形発生。バネ線径変更でも強度と着脱性の両立が難しい。 検討中止。

上表：吸塵アダプタ着脱実験

※ (ADP…吸塵アダプタ)



試作：一体型ドリル・ADP着脱クリップ 試作：一体型ドリル・ADP着脱Ｏリング



試作：一体型ドリル・ADP着脱特殊リング 試作：一体型ドリル・ADP着脱バネ

【結論】

吸塵アダプタの着脱性に関しては、バネと O リングで挟み込む案が最も実用的であった。O リングの寿命に関して、使用状況（穿孔向きやアダプタへの荷重のかかり具合など）でビット寿命より短い場合もあったので、O リング線径や緩衝用バックアップリングの追加などで対処していく。

○吸塵口形状検討

【概要】

吸塵ドリルは、ドリル先端に本体中心穴とつながった開口部を設け、それを吸塵口として用いる。本項では、吸塵口の作製にあたり、チップスリット加工時に3本目のスリットを深く入れることで工程負担を少なく作製することを検討している。

このスリットを入れる位置を、主刃側につなげるか独立させるか試験により検討した。

【試験】

スリットを入れる位置は、回転方向に対し、主刃の前になる。切削中に発生する切粉は大半が主刃の先端付近からとなるので、それがかき出される主刃の前方に吸塵口を設けるのが吸塵効率が最も良い。この吸塵口を主刃スリットとつなげた配置（高効率タイプとする）が切粉の流れに障害が少なくなるため、どのスリットとも繋げない配置（独立タイプとする）と比較してさらに吸塵効率が向上するものと思われる。加えて、最も負荷を受ける主刃の背面スリット肉厚を多くとれることで、スリット部の強度向上も期待される。

試作品の先端部外観と、穿孔試験後の先端部外観写真を次に示す。



左写真：吸塵口スリット別の試作品（φ6.4）。左は独立タイプ、右は高効率タイプ。
 右写真左：高効率タイプ標準本体シャンク。数穴で主刃破損。
 右写真中：高効率タイプ本体細径タイプ（シャンクで衝撃吸収し、刃先側負担を軽減させる
 目的で行った）。24穴でチゼル部から破損。
 右写真右：高効率タイプ本体細径タイプから、さらに先端太径部の肉を落としたもの。
 5穴で主刃破損。

【結果】

吸塵効率を考慮し、吸塵用スリットを主刃スリットに繋げたビットを試作したが、チップ
 片面に支えがないせいかチップ破損が頻発、目標寿命到達は難しいと判断した。一方、吸塵
 用スリット独立型は目標寿命を達成することを確認しているため、独立型の設計を採用する
 こととする。

○最終形状の概要

コストと性能を兼ね備えたドリル本体・電動機取付側シャンク・吸塵アダプタの設計を行
 い、最終案がまとまった。

・呼び径 6.0 以上 SDS ドリル向け



左写真：組立後外観
 中写真：部品構成
 右写真上：組立時の
 ○リング
 留め付け部
 右写真下：先端部形状

販売時は「ビット」と「吸塵アダプタ」の2部品になる。

- ・ビットを消耗品とし、吸塵アダプタはビット 10 本以上の寿命を想定。
- ・吸塵アダプタはビットを金属リングに貫通させ、バネと O リングで固定する。

この仕様での穿孔試験の結果を次頁に示す。

右グラフ：穿孔試験結果

試 料：吸塵ドリルφ6.0

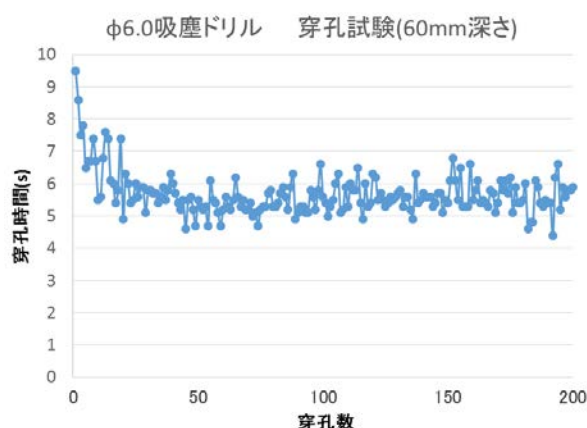
（φ6.4 チップをサイズ研磨）

被削材：無筋コンクリート（21 強度）

電動機：軽量ハンマードリル（800W）

集塵機：携帯型集塵機（380W）

条 件：60mm 穿孔、横向き



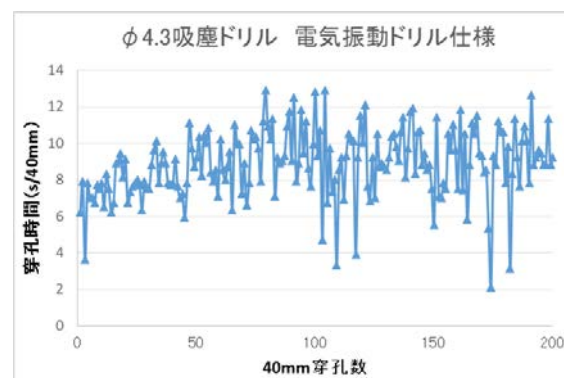
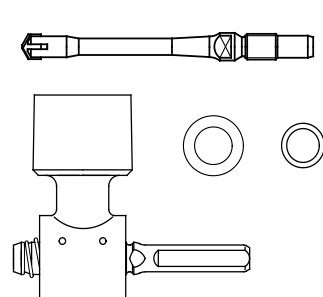
左写真：12m 穿孔試験
後の刃先外観

呼び径 6 台の穿孔寿命は 800W の軽量ハンマードリルで 10m 以上を目標としているが、今回その目標は達成した。穿孔速度は市場一般のスパイラルドリルと同程度である。

・呼び径 4.0 以上の仕様

呼び径 4.0 以上（6.0 未満）のサイズに関して、SDS ドリル向けはソリッドヘッドタイプでの開発を継続中である。

一方、汎用電気ドリルとしては SDS 軽量ハンマータイプと共に大きなシェアがある電気振動ドリル向けに対しては、スリットタイプで最終仕様が固まっている。



上左図：部品構成

上右写真：ドリル本体／シャンクの繋ぎ部

右グラフ：φ4.3 穿孔試験結果

試 料：φ4.3 吸塵ドリル

被削材：無筋コンクリート、（21 強度）

電動機：電気振動ドリル（750W）

条 件：40mm 穿孔、横向き

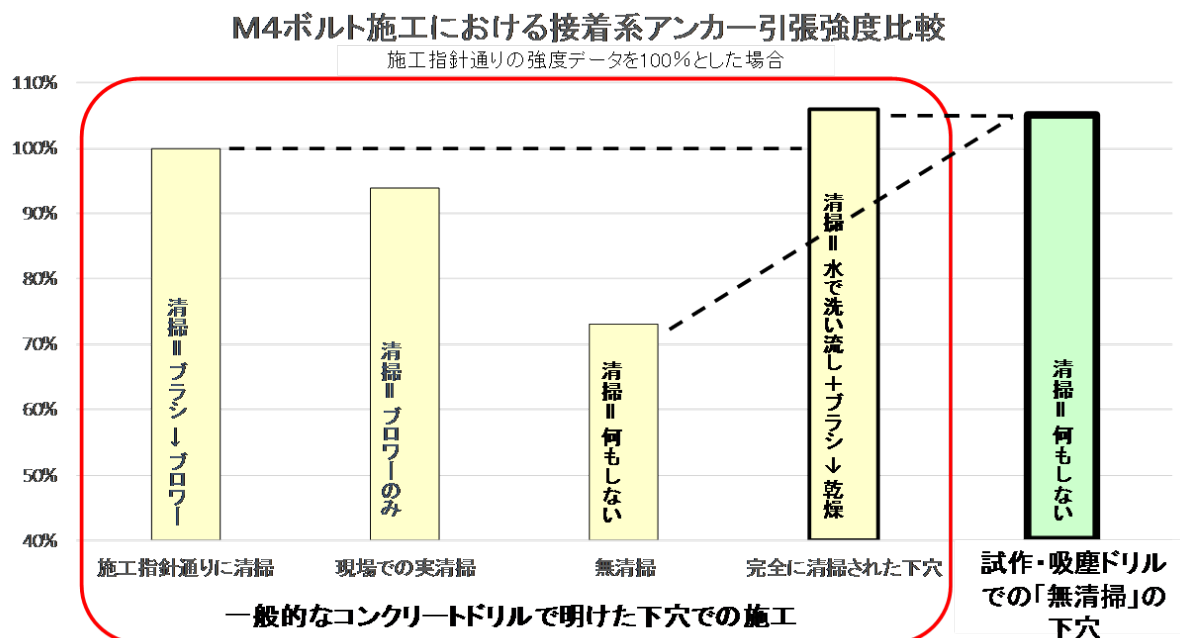
呼び径 4 台の穿孔試験で目標寿命達成を、また呼び径 6 台で本体交換式としてのドリル本体／シャンクの接合部強度を確認している（前述）。これらの結果から、上記仕様を電気振動ドリル向け（呼び径 4.0 以上、ドリル本体交換式）最終案とする。

○下穴φ6.0、M4 全ネジピン施工での引張試験

【概要】

吸塵ドリルとしての性能評価の一環として、外壁補修ピンニング工法を想定したM4全ネジアンカーピン引張試験（エポキシ樹脂）を行った。

【試験】



【結果】

外壁補修アンカーピンニング工法を想定し、現場で予想されるいくつかの条件で樹脂アンカーを施工し、その引張試験を行った。結果、試作吸塵ドリルで開けた下穴は、無清掃でも国土交通省監修の施工指針で推奨される清掃方法を取った場合より引張強度が高く、水洗で完全に清掃された下穴に施工された場合に匹敵する強度を示した。一般ドリル・無清掃の場合は推奨条件に比べ 30%弱の引張強度低下、現場で行われることがあるというブローのみの清掃では推奨条件に比べ 6%程度の引張強度低下があった。この結果は吸塵ドリルの利点である「施工の安定性、品質向上」を良く表すものである。

最終章 全体総括

○研究開発成果

本研究では、これまで市場になかった汎用電気ドリル向けの呼び径 4.0～9.5 というサイズの吸塵ドリルを開発することを目標とし、以下のような研究開発成果を得た。

- SDS 軽量ハンマードリル向けとして、呼び径 6.0～9.5 の吸塵ドリルを開発した。このドリルは同サイズの一般形状 SDS コンクリートドリルとほぼ同等の製品寿命を持ち、市場一般的な SDS 軽量ハンマードリル、および集塵機で機能させることができる。
- 電気振動ドリル向けとして、呼び径 4.0～6.4 の吸塵ドリルを開発した。この仕様も同種の一般的なコンクリートドリルとほぼ同等の寿命を持ち、市場一般的な電気振動ドリルおよび集塵機で機能させることができる。また、電気振動ドリル向けはドリル本体交換式というよりランニングコストを抑えた設計を採用することができた。
- これらの吸塵ドリルの開発にあたり、クロス形状一体型超硬チップの開発、フラックスレ

ス銅ろう付け法の開発、吸塵ドリルへのパイプ材料の適用などを行った。

- ・最終的な試作品は、外壁ピンニング工法として一般的な下穴φ6.0/M4 全ネジボルト樹脂アンカー施工という条件において、無清掃においても標準的な清掃手順を踏んだ施工より高いアンカー引張強度を示した。※

※吸塵ドリルとして十分機能する標準的な施工条件において。

○研究開発後の課題

本研究では、呼び径 6.0 未満の SDS 軽量ハンマードリル向け仕様として、ソリッドヘッド接合法を用いた吸塵ドリルの開発を継続して行っていく。

また、これら吸塵ドリルのさらなる普及のため、コストダウンに関する取り組みも継続して行っていく必要がある。本研究で試験装置を作製した自動ろう付けやサイズ研磨、画像認識等のユニットを結合し、製造工程の自動化を行うことでさらなるコスト削減を目指していく。

さらに、本研究で得た知見を現行の中～大径吸塵ドリルにも応用し、機能向上・コストダウンを図っていく。

○事業化に至るまでの計画（量産開始までのプロセス）

・事業化計画

スケジュール	概要	平成29年度	平成30年度	平成31年度	平成32年度	平成33年度
研究／開発	接合・シャク設計・製造技術研究。					
重要テーマ	【2-3】φ6未満の接合検証 【2-2、3-3】製造技術検討	ソリッドヘッド方式採用調査 自動ろう付け、パイプ絞り加工調査				
φ6.0～9.5 の製品化	ろう付装置、製品構造・原価試算 が完了すれば、一部サイズ より製品化。	設備・治工具	サンプル・製品出荷開始			
φ4.0～5.5 の製品化	接合・シャク製法・サイズ研磨等、 設備導入により、製品化。	設備・治工具	サンプル出荷開始	全サイズ発売開始		
市場調査 その他	・外壁補修・防水他の業界調査 ・関連製品の開発 ☆・・・Netis追加登録	建築石材、内装工事、リフォーム工事等 周辺工具（断熱材抜き工具等）への展開				
売上高（千円）	10年後、外壁補修・防水市場の 2割を狙う。（）内は本数。		200 （100）	10,000 （5,000）	20,000 （10,000）	40,000 （20,000）
売上げ高 の根拠	これまでの市場規模調査分より 予測。	ピンネット工法 市場へサンプル出荷	外壁補修、防 水市場他へ出 荷	ドリル市場全般 へPR。 Netis登録。	カタログ本格販 売。海外PR 開始。	

補助金事業終了より、10年目・・・1.2億円規模（外壁補修市場の20%）
・・・1.8億円規模（吸塵ドリル全体の売上）

○具体的なユーザー、マーケット

外壁補修工事業業者や一部の屋上防水施工業者、石板施工、点字鋸施工業者など 4～6mm の樹脂系アンカー施工者、その他穿孔対象物内外への粉塵の飛散・残留を嫌う穿孔作業業者等、直接施工に関わるユーザーを対象とする。

加えて、ユニカ株式会社の強みである流通販売ルートを駆使し、石材・タイルなどを扱う大手商社ルートや、一般商材を扱う大手商社ルートを活用し、点ではなく面で攻める拡販を行なう。

○市場規模の今後と本事業の効果

現在の市場規模は、外壁補修及びアンカー施工を必要とする屋上防水工事業において約 6 億円となっている。これらは既存の建築物の補修工事であり、今後よほどの新築ラッシュが起きない限り市場は横ばい～微増になると思われる。

また建築基準法等の改正により建築物のさまざまな部位の定期点検報告が義務化されたこともあり、実際は、補修工事件数は増加している。そもそもバブル期以前に建設されていた工事面積は約 3000 万㎡/年で、現在補修工事が行われている 300 万㎡/年という数字はそれに比べると大幅に少なく、工事が追いついていない現状がうかがえる。

本事業はそれら補修工事の安定性と工期短縮に寄与することが期待される。アンカー施工前の孔内清掃忘れという人為的ミスを排し、孔内亀裂部位に切粉を残さない内部吸塵構造により、安定したアンカー引張強度・樹脂接着強度を提供する。また、孔内清掃工程、周辺飛散粉塵の処理の手間、水冷式ドリルを使用した場合の乾燥時間等が無くなるため、工期短縮につながり、施工品質向上や人件費削減はもとより、補修工事施工の受注増加に寄与する期待がある。

その他の市場として、補修工事と同様にφ10mm 以下の樹脂系アンカー施工を行う点字鋲施工業界や、粉塵の発生を嫌う屋内リフォーム関連業、また工事中に発生する粉塵の法規制が厳格化される傾向にあるヨーロッパ市場などが上げられる。