

DEVELOPMENT OF REMOVABLE GROUND ANCHOR USING HIGH-FREQUENCY INDUCTION HEATING METHOD

Toshihiro Oka^{A)}, Tsunematsu Mukaidani^{A)}, Toshiji Horisaki^{A)}, Masakazu Yoshioka^{B)}, Hiroshi Matsumoto^{B)},
Shigeru Takeda^{B)}, Takao Oogoe^{B)}

^{A)} Tobishima Corporation, Research Institute of Technology
5472 Kimagase, Noda-shi, Chiba-ken, 270-0222

^{B)} KEK, 1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-0801

Abstract

On the construction of a large-scale concrete structure, such as the accelerator facility under the ground, a ground anchor is often used as temporary ground construction support. The authors developed a new removable ground anchor using a high-frequency induction heater successfully.

高周波誘導加熱を利用した除去式アンカーの開発

1. はじめに

加速器施設や都市部における大規模コンクリート構造物の構築に際し、土留仮設工法としてグラウンドアンカー（以後アンカーと云う、図1）が多用される。これら仮設アンカーは構造物構築後速やかに撤去されるべきものであるが、撤去費用・構築物とのクリアランス不足・工程等により、構築後残置される場合が多い。

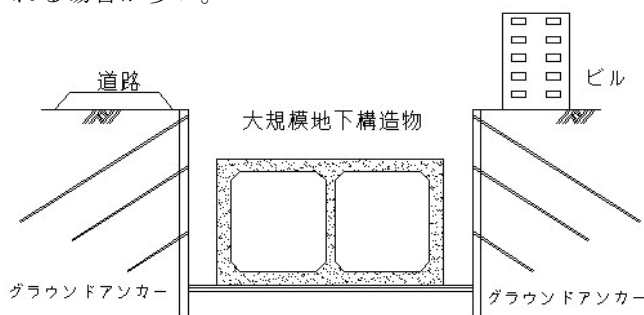


図1：グラウンドアンカーの概念図

一方特に都市部においては、隣接する第三者所有の権利区域や道路下面に仮設アンカーを施工する機会が多く、除去式アンカーの施工が増えてきている。これらに対応して各種の除去式アンカー工法が提案されているが、解決すべき諸課題があった。

我々は加速器機器の製造でよく使われる高周波誘導加熱技術を、土木工事に応用することで、簡単で低コストの新たな除去式アンカーの開発に成功したので、そのことについて報告する。

2. 従来技術のまとめと本開発の目的

2.1 従来技術

現在、代表的な除去式アンカー工法として、次の3つのタイプが使われている。

- ①アンカー先端部の耐荷体でアンボンドPC鋼より線（以後鋼線と云う）をUターンさせ、撤去時に鋼線の片側を引いて除去する方法（図2）。
 - ②鋼線の中心部分に引抜き用部材を組み込んでおき、これを撤去することで鋼線の拘束を解放し除去する方法。
 - ③アンカー定着部にグラウト破碎用部材を組み込み、グラウトを破壊することで拘束力を低減し引き抜く方法。
- これら工法の中で、①が現在最も一般的に使用されている。

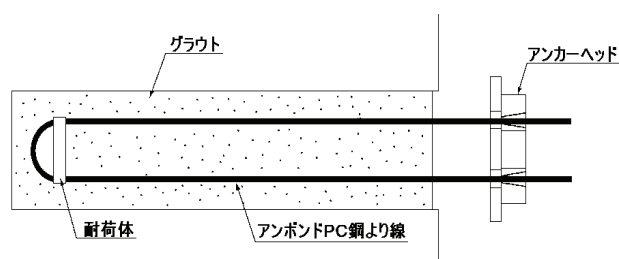


図2：Uターン型除去式アンカー

2.2 開発目的

本装置の開発目的は、従来の除去式アンカーが有するコスト・施工性等の諸課題を解決するため、高周波誘導加熱を利用した簡単な構成で、鋼線を確実に短時間で除去し、コストダウン可能な工法として確立することにある。

3. 除去装置の原理

本装置の基本原理は、鋼線にコイルを巻き高周波電流を流したときの誘導電流により鋼線が自ら発熱する事を利用するものである（図3，写真1）。

¹E-mail: toshihiro_oka@tobishima.co.jp

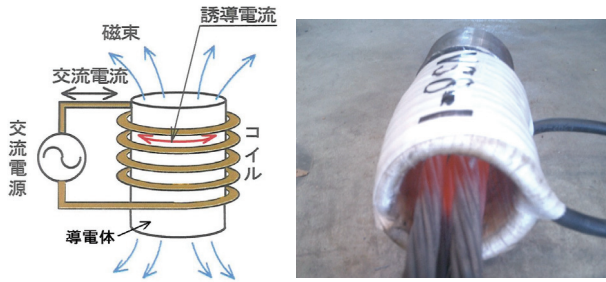


図3：装置の原理概念 写真1：PC鋼線加熱状況

LCR直列回路を考えるとインピーダンスは次式で表される。

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad \text{式(1)}$$

$$= R + jX$$

Z = インピーダンス

L = インダクタンス

C = 静電容量 R = 抵抗 ω = 角周波数

$jX=0$ の時 $Z=R$ となり直列共振となる。この時の共振周波数 f_0 は次式で示される。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{式(2)}$$

鋼線にコイルを巻き、共振周波数に一致する高周波電流を通電すると、極めて短時間に鋼線温度を上昇させることが可能である。

鋼線の引張強さは温度に依存する。常温から100℃まではほとんど変化しないが、100℃以上になると急激に低下し、400℃では引張強さは50%まで低下する。(図4)

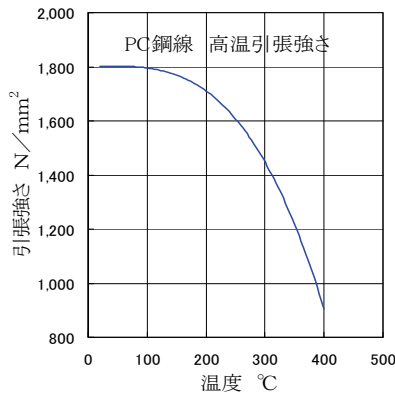


図4：PC鋼線高温引張強さ

緊張状態にある鋼線にコイルを巻き、共振周波数に一致する高周波電流を加えると鋼線が発熱し、コイルが融解破断する以前に鋼線は引っ張り強度低下のため破断する。

4. 加熱破断と温度上昇評価

4.1 加熱破断実験

高周波誘導加熱による鋼線の破断実験を実施した。油圧ジャッキで50 kNの緊張力を鋼線に導入し、高周波誘導加熱を施した。荷重・温度-時間の変化を図5に示す。単線の鋼線では約420℃で破断した。

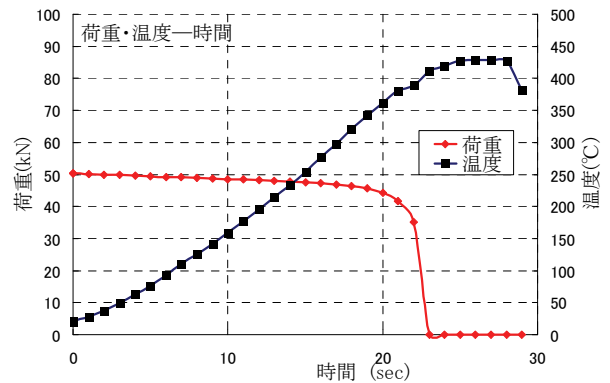


図5：荷重・温度-時間

4.2 周波数をパラメーターとした加熱実験

次に高周波周波数をパラメーターとした加熱実験の結果を図6に示す。共振周波数に対応する22kHzでは100秒で700℃に達するが、共振点から外れた15kHzと30kHzではそれぞれ150秒および170秒を要する。即ち本方式の場合、共振周波数にマッチングさせることが本質的に重要である。

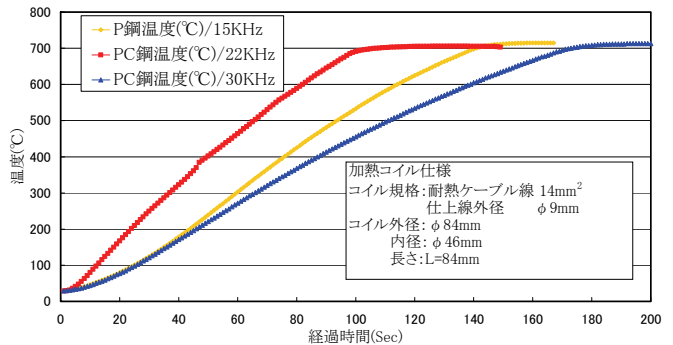


図6：周波数別温度上昇実験

4.3 実機モデルでの加熱試験

加熱試験に用いた実機モデルを写真2に示す。

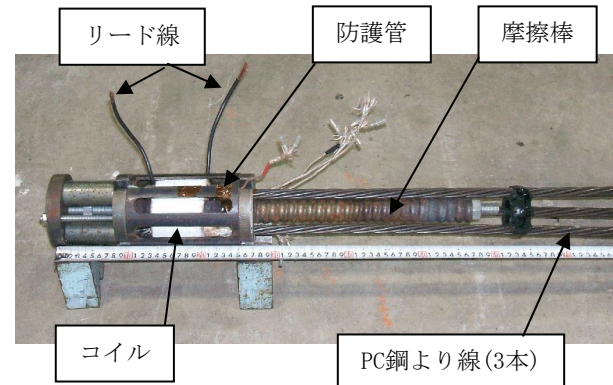


写真2：実機モデル

PC鋼より線：φ12.7mm×3本(破断力183kN/本)
摩擦棒：φ32mm(緊張力を地盤へ伝える鋼材)
防護管：φ90mm(削孔時コイルを保護する鋼材)

コイル：KIV線5.5mm²、 $\phi_{out}75 \times \phi_{in}62 \times L72$
高周波加熱条件：

共振周波数21kHz、高周波電流値29HFA、
出力1.6kW

結果：

3本の鋼線、防護管および摩擦棒の表面温度計測結果を図7に示す。

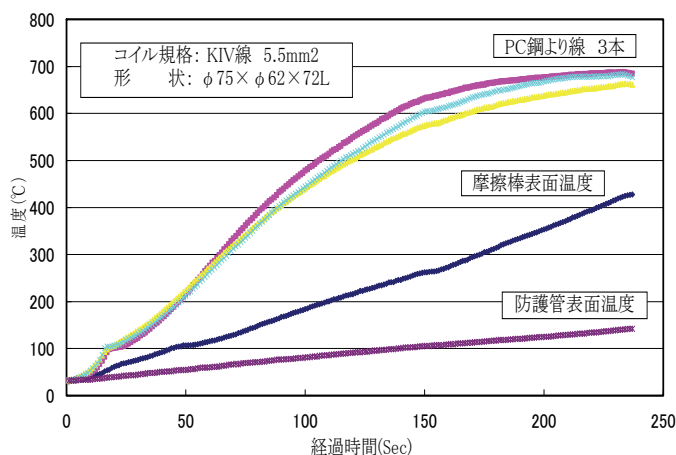


図7：部材別温度上昇結果

鋼線は550°Cまで温度上昇した後、約700°Cで頭打ちとなる。鋼線がキュリー点に達した後は摩擦棒の温度上昇に高周波電力が使われるため、その温度上昇勾配が大きくなる。一方、コイルの外側に位置する防護管の温度上昇勾配は小さく、鋼線が700°Cに達した時点でも150°Cである。短時間の高周波誘導加熱では、コイル外側に設置された防護管は鋼線加熱に対し大きな影響は与えないものと考えられる。

5. 試験施工結果

5.1 試験施工概要

実施時期：平成18年11月13日

試験施工現場名：NEXCO中日本

東名阪自動車道 植田南工事

除去式アンカー概要：

- ・ 施工数量：3セット (写真3)
- ・ $\phi 12.7\text{mm}$ アンボンドPC鋼より線3本組
- ・ アンカー全長：11m
- ・ 設計定着（緊張）荷重：103.7kN/本
(3本合計定着加重：311.2kN)

5.2 試験施工結果

- ① 緊張した鋼線に装備したコイル部へ、共振周波数20kHz、電流値60HFA、出力3.2kWにて通電した(写真4)。
- ② 通電後30~40秒で3本全ての鋼線が切断可能であった(写真5)。
- ③ 切断後、鋼線は人力による引抜きが可能であった

(写真6)。



写真3：除去式アンカー



写真4：高周波通電



写真5：切断後PC鋼より線

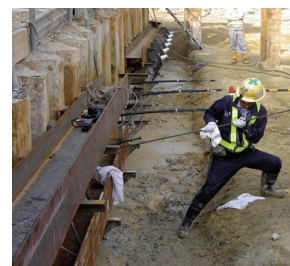


写真6：PC鋼より線引抜

6. 本研究開発のまとめ

室内試験により本除去式アンカーの特性を調べた後、フィールド試験施工により十分に実用となることを証明した。以下に本方式の特徴をまとめる。

- ① 旧来の除去式アンカーは鋼線が偶数本必要であったが、本方式では奇数本でもよく、最適設計が可能である。
- ② 耐荷体先端でループ加工する必要がないので、鋼線の許容荷重の低減がない（ループ加工すると10%低減する）。
- ③ 鋼線の引き抜き時に、従来は特殊ウインチが必要であったが、本方式では人力除去が可能である。
- ④ 従来方式では除去した鋼線に螺旋状の癖がつき、引き抜き後の処理に問題が生じたが、本方式では鋼線が直線的に切断されるので処理が容易である。
- ⑤ コイルは安価であり、処理費用も含めたトータルコストの大幅な低減が可能となった。

本研究成果は加速器研究者と土木技術者の異業種間協力により、簡単に低コストの除去式アンカーの開発に成功したものである。

7. 謝辞

フィールド試験施工を行うにあたり、NEXCO中日本には試験施工のご許可を頂き、ここに感謝の意を表します。また、東名阪自動車道植田南作業所JVには、試験施工に際しご協力頂きました。著者一同感謝致します。