

鋼管杭の接合・圧入に適用する フラッシュパイリング・システムの開発

梅 国 章・藤 井 充・加 藤 勉

アンダーピニング時の鋼管杭施工の省人化、高速化、高品質化を目指して、フラッシュパイリング・システムを開発した。鋼管杭の接合にはフラッシュ溶接を用い、溶接時間を従来に比して、約1/10に短縮すると同時に、高品質の接合部を実現した。さらに、同一の装置で、鋼管杭を圧入できるようにし、圧入や打止め管理の制御を自動で行うと同時に、全ての記録がデジタルで記録されるようになった。本システムを免震改修工事に適用し、鋼管杭の接合・圧入システム（フラッシュパイリング・システム）の有効性を確認した。

キーワード：フラッシュ溶接、自動化、鋼管杭、接合、圧入

1. はじめに

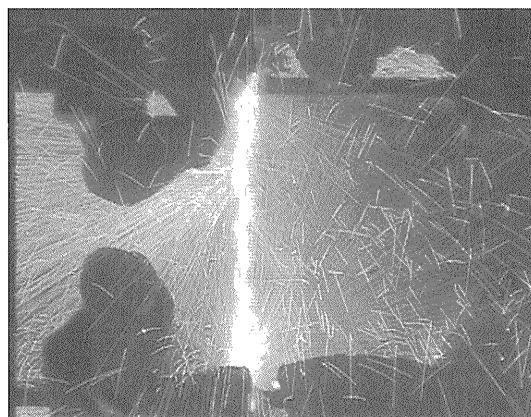
建築分野では、溶接作業の効率化と溶接技能者の高齢化や熟練技能者不足の問題に対応して、溶接ロボットの開発と導入が盛んに行われてきた。特に、鉄骨製作工場内における溶接ロボットは、切断を含めた自動化の一連として製作ラインの中に位置付けられ、最も効率的な部位に適用され、大きな効果を上げている。

建築現場においても、溶接ロボットの開発が盛んに行われ、大型の工事を中心に適用されている。しかしながら、建築現場における建築鉄骨用の溶接ロボットは、労務の軽減に起因したアークタイムの向上には有効であるが、溶接技能者が用いるのと同じ、ガスシールド半自動アーク溶接を用いているため、施工効率の改善は十分とは言えない。近年、投資効率を重視する考えから、建設の開始から施設の稼働までの期間の短縮が、従来にも増して求められている。そのため、建築分野においても、自動車産業におけるスポット溶接のような自動化に適した革新的な高施工効率の接合法の開発が不可欠である。

一方、循環型・低環境負荷型社会の確立に対応して、建物の長寿命化のために行われるアンダーピニング（基礎・杭の補強工事）が増加している。その中で、構造物の直下に鋼管杭を増設するアンダーピニングの場合、作業空間の高さが確保出来ないため、杭の施工が制約を受け、短く分割された鋼管杭を継ぎ足しながら圧入作業を何回も繰返す必要がある。狭い空間での鋼管杭の溶接と圧入作業は作業環境が悪く、溶接の高速化と高品質化および圧入作業の自動化が求められている。

本開発では、建築工程のクリティカルパスとなる溶接工程を大幅に短縮する技術の開発を行い、最終的に、その技術がキーとなり、その他の施工法にも大きな影響を与えることによる、大幅な短工期化の実現を目指

した。その結果、本誌¹⁾で報告したように、フラッシュ溶接（写真—1）をベースとした革新的なH形鋼接合技術を確立した。さらに、今回アンダーピニングに対応した鋼管杭接合・圧入システムに発展させ、実工事に適用し、効果を確認したので報告を行う。

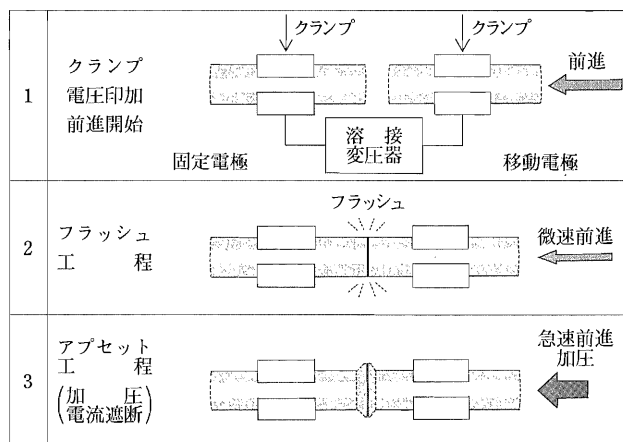


写真—1 フラッシュ溶接の状況

2. フラッシュ接合システム

(1) 概 要

フラッシュ溶接は図—1に示すように、接合する部



図—1 フラッシュ溶接の原理

材をクランプ（把持）し、部材間に大電流（数万アンペア）を流すことにより発生する火花（フラッシュ）により接合端面を加熱溶融させた後に、クランプにより把持された部材同士の加圧（アプセット）により、酸化物や不純物を接合部材断面より外側に押出して余盛りを成形し、溶接する方法である。

この溶接法は、機械部品や新幹線のレールの溶接に用いられており、

- ① 開先不要
- ② 完全自動
- ③ 品質安定

の利点を有する一方、問題点として、

- ① 大電気容量給電設備が必要
 - ② 装置寸法、重量及び初期導入コストが大
- 等の問題から大断面部材となる建築部材への適用は不可能と考えられていた。

（2） 建築分野への適用化

建築分野への適用化を図るため実施した対策は以下のとおりである。

- ① フラッシュ時間を数秒から数百秒に増大させることで、電気容量を1/50程度に低減した。
- ② クランプフレームや大型シャフトを廃止することにより大幅な軽量化を図った。

以上の対策により、建築分野での適用が可能となった¹⁾。

3. 鋼管杭接合・圧入システムへの展開

（1） アンダーピニング工事

既存建物の基礎部分の補強を行うアンダーピニング工事では、施工空間に制約があり、作業環境が悪い状態での溶接が不可避であった。その一例である免震化工事では、図-2に示すような杭頭を連結する新設耐圧盤を支持するための鋼管杭の増設が必要である。また、仮設的に上部構造の荷重を支持する場合にも、鋼管杭の打設が必要になる。掘削度を低減するため、掘削深度は低く抑えられ、作業空間の高さ H はフォークリフトなどの重機が作業可能な2.5m前後となることが多い。この空間において、杭長20m程度の鋼管杭を施工するには、鋼管杭のピースを1~1.5mに短尺化する必要がある。接合部が膨大となる問題点があった。そのため、H形鋼接合システムの開発で得たノウハウを用い、鋼管杭の接合及び圧入システム（フラッシュパイリングシステム）の開発を行った。

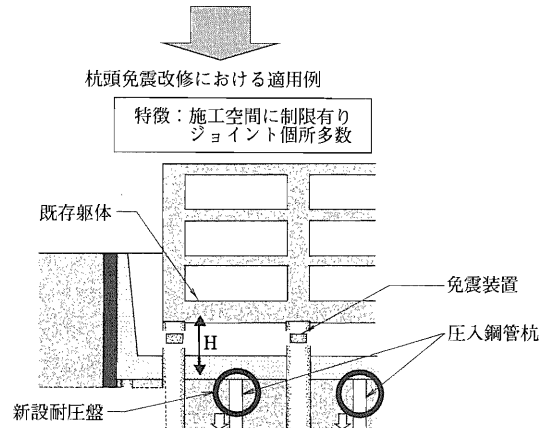
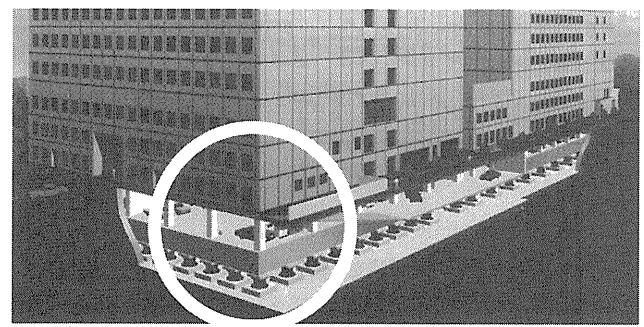


図-2 免震化工事の特徴

（2） システム原理

フラッシュ溶接には図-1に示すように、クランプ機構と部材同士を加圧する機構が不可欠である。また、フラッシュ溶接の間、サーボバルブにより部材を微振動させることで良好なフラッシュの発生のための変位制御が行われている。そのクランプ機構、加圧機構、及び制御機構を鋼管杭の圧入工事にも利用することとした。具体的には、H形鋼用システムでは部材を横にして接合していたが、これを立てた状態にし、まず鋼管杭の接合はフラッシュ溶接で行い、溶接に必要なクランプ機構で鋼管杭を把持し、加圧機構で圧入することとした。フラッシュ溶接のアプセット時にはアクチュエータを縮め引張方向に用い、圧入時には伸び側の圧縮方向に用いる。その作業フローは図-3に示すように、

- ① クランプはリング状とし、開状態で鋼管を横から挿入し、セット。
- ② クランプを閉じ、上下のクランプ機構により鋼管を把持し、給電装置を取付け。
- ③ 通电により溶接を開始、フラッシュを発生。
- ④ 油圧アクチュエータを縮め、鋼管同士を加圧することにより溶接完了。
- ⑤ 上下クランプ機構の解除後、アクチュエータを縮めた後、全体を上昇させ、反力ブロックを既存躯体に接触させ、下クランプのみで鋼管把持。

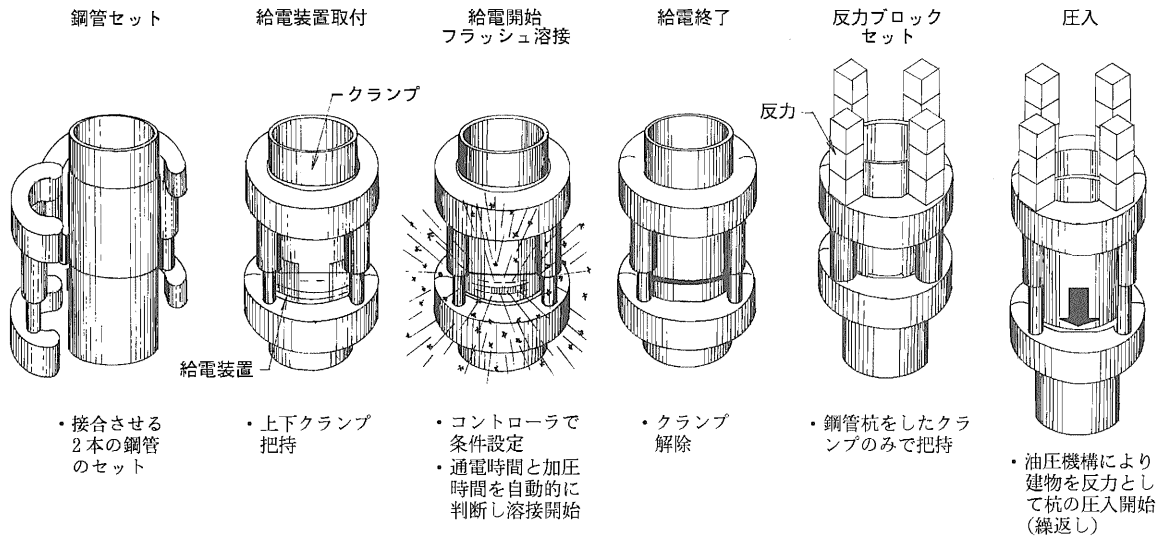


図-3 施工フロー

⑥ 下クランプで鋼管を把持したまま、油圧アクチュエータを伸ばし、既存躯体を反力に鋼管を地盤に圧入する。

図-4 に本システムと在来工法と比較を示す。

- ① ピース長が長く、溶接箇所数低減可。
- ② 全自動溶接による溶接品質の安定。
- ③ スペーサ不要による高効率为本システムの特長である。

表-3 に装置の主な仕様を、写真-2 に外観を示す。

表-3 装置仕様 (鋼管)

適用鋼管サイズ	φ 400~500
最大断面積	150 cm ²
アクチュエータ (引側: 溶接)	25 t×4 台
アクチュエータ (押側: 圧入)	50 t×4 台
トランス	35 kVA×4 台
装置重量	3.8 t
移動機	キャスタにて入力
発電機	300 kVA

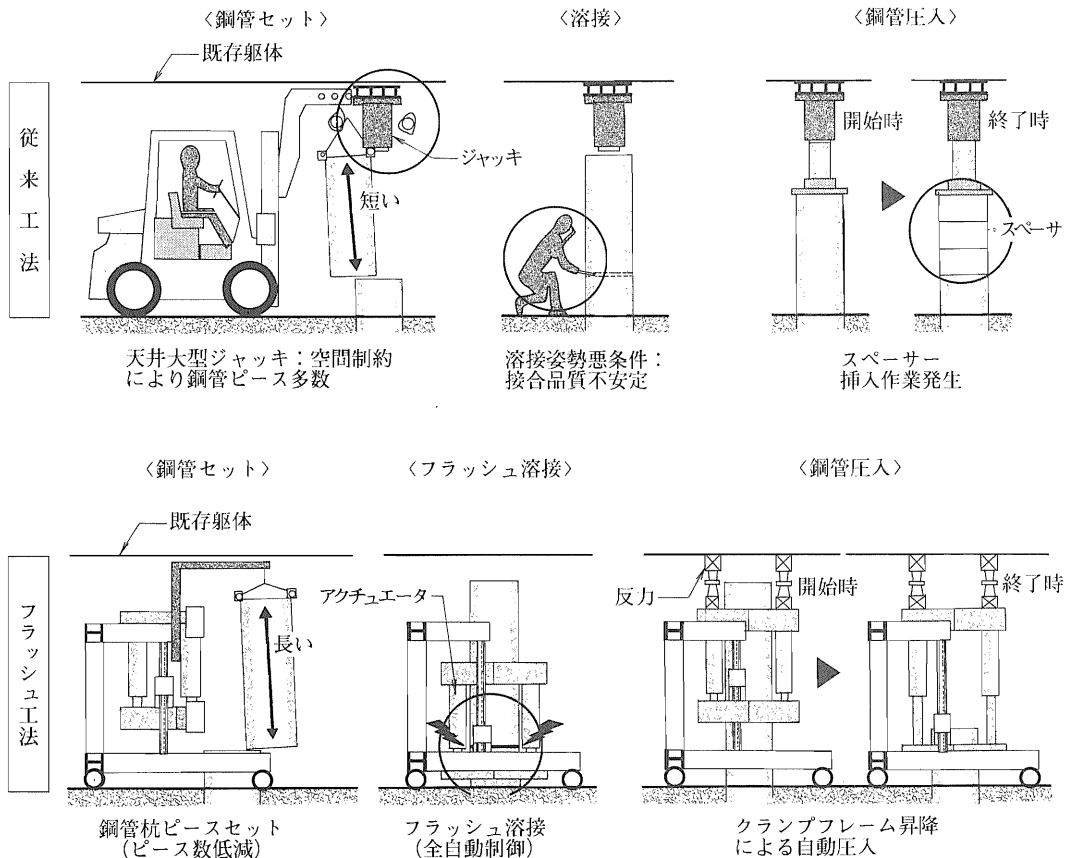


図-4 在来工法との比較

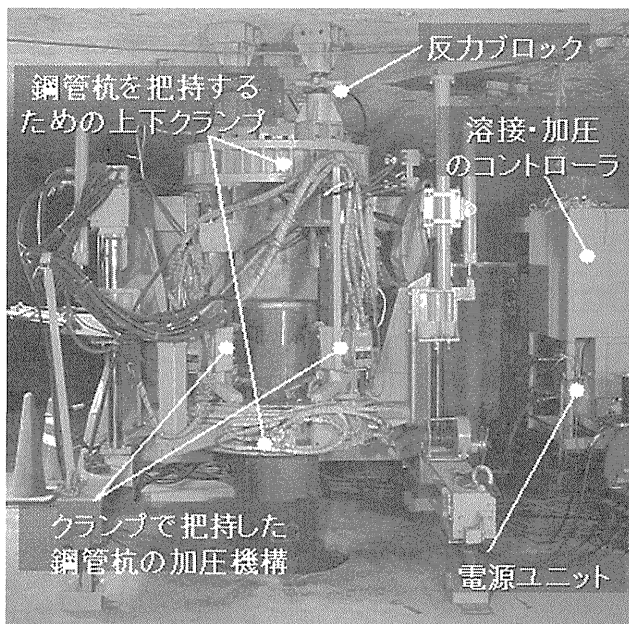


写真-2 装置外観

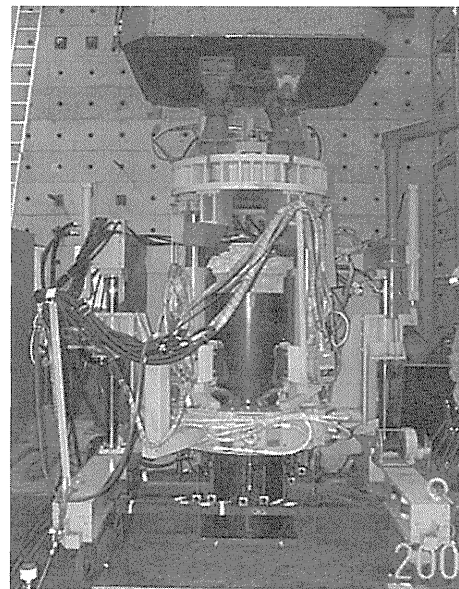


写真-4 把持力実験

(3) 工法の検証

(a) 装置設計

フラッシュ溶接ではアプセット工程において、部材同士を押し付ける必要があり、効率的に鋼管を把持する必要がある。そのため、写真-3に示すように、クランプ方法は倍力機構を用いず、直接ジャッキで、鋼管周囲を把持する簡便な機構とした。把持力確認実験を行い、フラッシュ溶接及び圧入に必要な200t以上の把持力を確認した(写真-4)。

(b) 施工試験

フラッシュパイリングシステムにおける、鋼管杭の圧入荷重と支持能力を把握すると共に、圧入杭の打止め管理手法など施工管理手法の確立を目的として、在来工法との比較による施工実験を実施した。

写真-5に示すように、フラッシュ溶接では、余盛の発生が不可避である。この余盛高さは接合部品質と

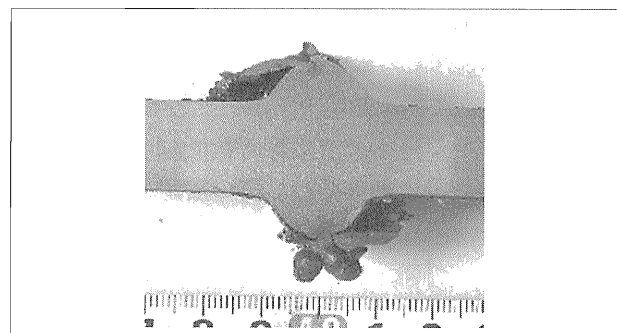


写真-5 接合部断面マクロ

の相関も高く、所定の高さの余盛が要求される。溶接後、この余盛が及ぼす圧入時の抵抗変化や、圧入後の管周摩擦変化への影響を把握し、余盛切除の必要性について検討を行った。実験状況を写真-6と写真-7に、実験結果を図-5と図-6に示す。圧入荷重及び支持荷重とも、余盛切除なしのフラッシュ溶接と在来工法の間には差異は認められず、本システムによる杭は十分な支持力を有した。次に、実プロジェクト適用時



写真-3 クランプ部

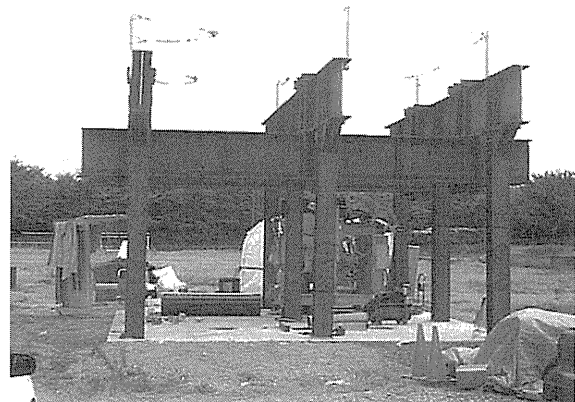


写真-6 圧入実験状況



写真-7 杭載荷試験状況

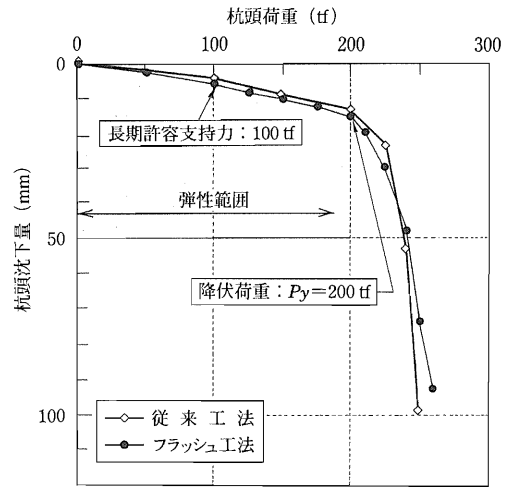


図-6 杭載荷試験結果

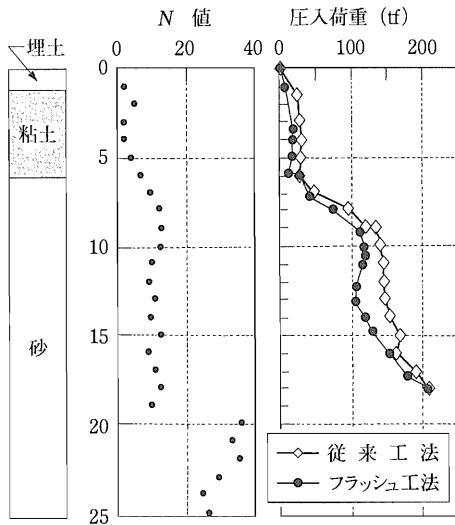


図-5 圧入荷重の変化

- ・建物用途：事務所
 - ・建築面積：約 6,200 m²
 - ・延床面積：約 68,200 m²
 - ・建物階数：地下 1 F，地上 12 F
 - ・構造種別：SRC 造（一部 S 造）
- 免震化工事の施工手順を図-7 に示す。

鋼管杭は新設される耐圧版等を支持するために施工された。鋼管径は 457.2 mm，板厚は 9 mm であった。施工空間の高さは 2.4 m であったため，鋼管の一つのピースは 1.8 m～1.5 m とした。短期支持力を得るには，約 20 m 程度圧入する必要があり，溶接箇所は 10～15 箇所/本であった。フラッシュ溶接時間は 100 秒と非常に短く，工程においては圧入時間が支配的であった。

適用状況を写真-8 に示す。その結果，1 本 (20 m)/8 時間の施工工程で，溶接技能者 1 名と圧入作業員 3 名で施工を行う在来工法に対し，オペレータを含み 2 名での施工が可能となり，50%の省人化と高品質の接合部が実現されることが確認された。一方，装置の移動は今後の更なる検討が必要であることが明

には漏洩電流が既存建物のコンピュータ等に与える影響が考えられたため，事前の計測により問題がないことも確認した。

(4) プロジェクトへの適用

本装置を用い，免震改修工事の鋼管杭施工を実施した。適用建物の概要を以下に示す。

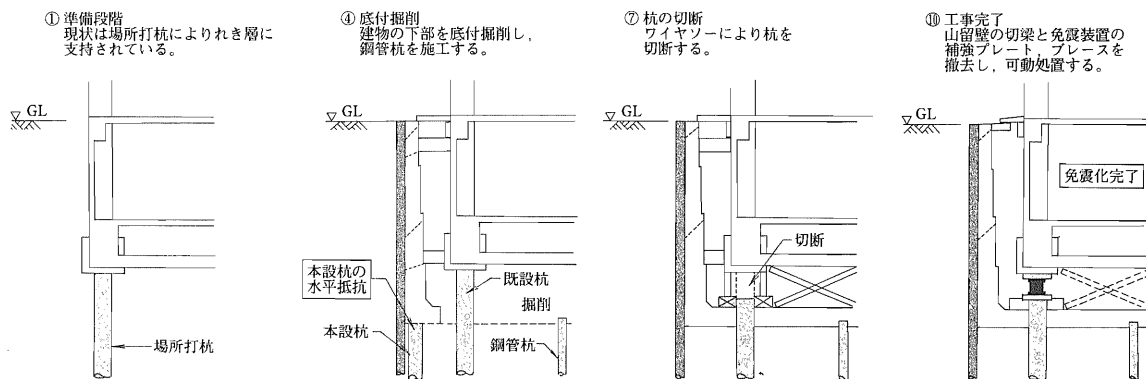
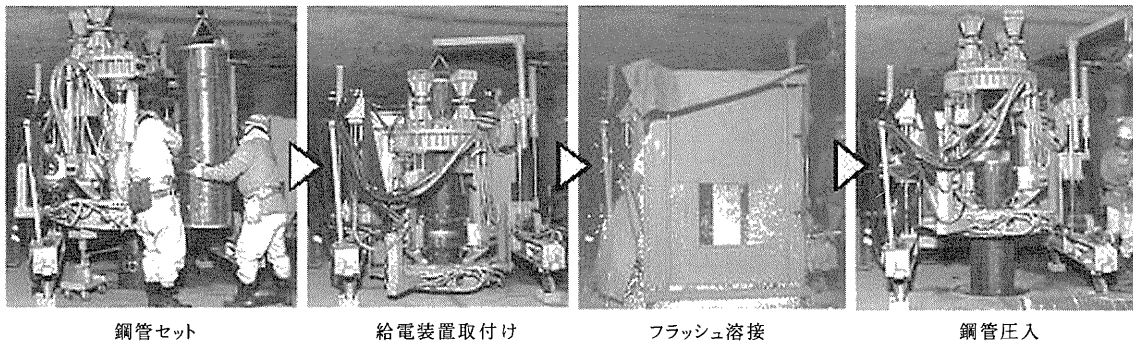


図-7 免震化工事施工手順



写真—8 施工状況

らかとなった。

4. まとめと今後の展開

免震改修工事に対応した鋼管杭の接合・圧入システム（フラッシュパイリングシステム）を構築し、実工事に適用し、その有効性を確認した。

今後、建築鉄骨に要求される諸性能に対する接合部性能の評価とシステムの改良により、地上の本設鉄骨への適用を検討してゆく予定である。

なお、本開発の一部は新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の研究助成により行われた。

JCMA

《参考文献》

- 1) 梅国 章, 野村博一, 加藤 勉, 建築部材に対応したフラッシュ溶接装置の開発, 建設の機械化, 615号, pp.55-61, 2001.05

〔筆者紹介〕

梅国 章（うめくに あきら）
株式会社竹中工務店
技術研究所
主任研究員



藤井 充（ふじい みつる）
日本鋼管工事株式会社
技術開発本部
課長



加藤 勉（かとう べん）
財団法人溶接研究所
理事長



絵で見る安全マニュアル 〈建築工事編〉

本書は実際に発生した事故例を専門のマンガ家により、わかりやすく表現しています。新入社員の安全教育テキストとしてご活用下さい。

■要因と正しい作業例

- ・物動式クレーン
- ・電動工具
- ・油圧ショベル
- ・基礎工事用機械
- ・高所作業車
- ・貨物自動車

A5判 70頁 定価650円（消費税込） 送料270円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289