

16. 改良型APTOP工法の開発

木村 建治 谷沢 晋
立松 和彦 山崎 順二

要 旨

場所打ちコンクリート杭の杭頭処理工法としてAPTOP工法を約10年前に開発した。この工法は、杭上部の余盛コンクリート部分を、コンクリートの初期硬化時に引き上げて除去する工法であるため、余盛コンクリートが除去できる硬さになるまで、数時間の待機が必要であった。その余盛コンクリート部分に急結剤を注入・攪拌してコンクリートの硬化時間を短縮し、作業効率の向上を目指したのが本報で述べる改良型APTOP工法である。室内試験で急結剤の添加量と初期硬化時間との関係を求め、新たに注入攪拌用装置も考案した。作業所で施工実験を行った結果、工法としてほぼ期待通りの成果が得られ、その有効性が確認できた。

キーワード

杭頭処理／余盛コンクリート／メッシュ／急結剤／注入攪拌

目 次

1. はじめに
2. 工法の概要
3. 急結剤の実験結果概要
4. 現場施工実験
5. おわりに

16. DEVELOPMENT OF IMPROVED APTOP METHOD

Kenji Kimura Susumu Tanizawa
Kazuhiko Tatematsu Junji Yamasaki

Abstract

The APTOP method to treat of cast-in-place concrete pile head was developed about ten years ago.

In this method, excess concrete at a head of concrete pile is removed by lifting it at a time of initial hardening of concrete. Therefore, several hours of waiting was necessary until the excess concrete is hard enough for removal. This paper discusses the improved APTOP method in which an set accelerating agent is grouted and mixed in the excess concrete at a head of pile to shorten the time for hardening, in order to improve the efficiency of construction work.

Indoor experiments were performed to clarify the relationship between the amount of set accelerating agent to be added and the time for initial hardening. A new apparatus for grouting and mixing of the agent has also been designed.

The results of construction tests at an actual site have shown to be satisfactory, confirming the effectiveness of this method for construction.

1. はじめに

最近、近隣に対する騒音や粉塵などの環境問題が大きな社会問題として提起されているが、コストの低減・工期の短縮などの要求にも合致するものとして、杭頭処理工法の開発が改めてクローズアップされてきている。

このたび、これらニーズに対応すべく、以前に開発したAPTOP工法の見直しを行い、その改良に着手した。実際の作業所で施工実験を行った結果、開発成果とその有効性を確認することができたのでその概要を報告する。

2. 工法の概要

2.1 従来のAPTOP工法とその問題点

APTOP工法は、杭の設計天端より少し上の位置に、特殊なメッシュ状の金物（以下メッシュという）を鉄筋かごに取付けておき、コンクリートを打設した後、コンクリートが凝結を開始するのを待ってメッシュを引上げ、その上にある余盛コンクリートを除去し処理する工法である。

しかし、この工法には以下のような問題点があった。

- ・余盛コンクリートを引き上げるまでに必要な待ち時間は、季節や調合等の違いもあって、約2～4時間程度が必要であり、待ち時間を確定するのが非常に難しい。
- ・余盛コンクリートを引き上げるとき、その界面が真空状態になるため、引上げ荷重が大きくなり、またそれによる衝撃もあって、引き上げるコンクリートが崩れてしまう。

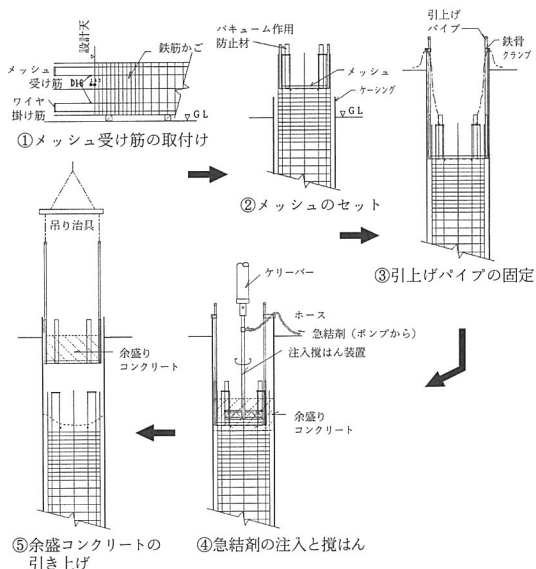
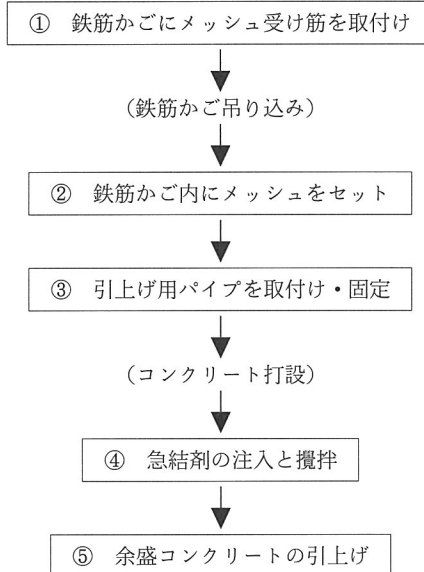
2.2 APTOP工法の改良点

改良型APTOP工法（以下当工法という）では、上記問題点をなくすため、以下のような改善策を講じた。

- ・コンクリートの打設直後、余盛コンクリート部分に急結性の混和剤を混入して、待ち時間の短縮化を図り、また待ち時間の調整も行えるようにする。
- ・余盛コンクリートを引き上げるとき、その界面に生じる真空状態（バキューム現象）を軽減するため、メッシュにバキューム作用防止材を取付ける。

2.3 作業手順

当工法の作業フローとその概要図を図－1で示す。



図－1 工法の作業手順

2.4 材料と機器

当工法では次にあげる材料と機器を用意する。

(1)急結剤

コンクリートに添加することによって初期硬化を促進させる混和剤である。添加率（セメント量に対する急結剤の量で百分率で表わす。以下注入率という）を変えることによって、攪拌終了から引上げまでの待ち時間を調整する。

(2) メッシュ

直径の異なるリングを同心円状に組み合わせて丸型

のメッシュ状にしたものであり、中央部にはトレミー管挿入用の開孔部を設けている。図-2にその形状を示す。

メッシュには、次にあげる2種類のパイプを取り付けている。

- ・バキューム作用を軽減するためのバキューム作用防止材（パイプ）
- ・コンクリート打ち上げ時のメッシュの浮き上がり防止と引き上げ用の吊り材を兼ねた引上げ用パイプ

(3) 注入攪拌装置

急結剤の注入と攪拌を行うための装置である。掘削機械のケリーバーに装着して作動させる。図-3にその装置の概要を示す。

装置の主軸と急結剤が通る管を兼ねているロッドの最上部に、ケリーバーに装着するためのアタッチメント用の継ぎ手がある。装置を水平に置いた状態で掘削機械のケリーバーに装着できるように、アタッチメントと装置は継ぎ手部で二本のピンで繋がれており、そのうちの一本のピンを外せば、アタッチメントがロッドに対して垂直に回転できるようにしている。継ぎ手部のすぐ下には、急結剤圧送用のホースを連結するバルブ付きの連結部を設けている。ロッドの最下部には注入用のノズル付きパイプと外端をリングでつないだ攪拌部材がある。

(4) 圧送ポンプ

急結剤を注入攪拌装置に送るためのポンプであり、高圧洗浄機を利用する。圧送量は、圧送圧が $60\text{kgf}/\text{cm}^2$ （最大圧）の場合で $25\text{ l}/\text{分}$ である。

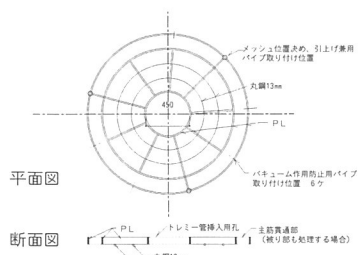


図-2 メッシュの形状

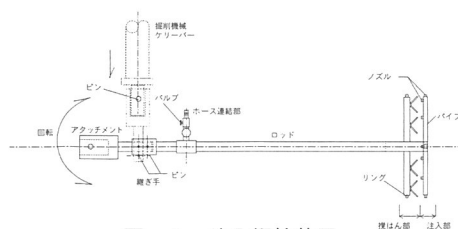


図-3 注入攪拌装置

3. 急結剤の実験結果概要

当工法の開発のキーポイントは、下記の通りである。

- ・使用条件に合った急結剤を選定する。
- ・急結剤の注入率別の硬さと時間との関係を明らかにする。
- ・引上げ可能なコンクリートの硬さを定量的に把握する。

以下、急結剤について行った室内実験等についてその概要を述べる。

予備実験の結果や施工性を考慮して、急結剤には特殊アルミン酸系の材料を用いることにした。この材料は比重が1.45でアルカリ性の液体である。

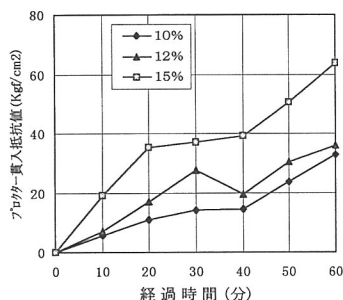
この急結剤を使って、さらに室内実験や施工小実験等を繰り返し行った。その実験方法や結果等については、紙面の都合もあり省略するが、その中で「JIS A 6204 附属書1 コンクリートの凝結時間試験方法」に準じて実施した注入率別（対セメント量の10%、12%、15%）のプロクター貫入抵抗値と経過時間の関係についての一例を図-4に、また、「JIS R5201セメントの物理試験方法(3)凝結試験」に準じて実施した注入率別（対セメント量の10%、15%）の針入度と経過時間の関係についての一例を図-5に示す。なお、この一連の試験では、セメントに高炉セメントB種を使用した。この試験結果から以下のことが分かった。

- ①図-4から、プロクター貫入抵抗値は、注入率が15%では20分程度まで、12%と10%では30分程度まで、ほぼ経過時間に比例して抵抗値が大きくなるが、そのあと一時的に抵抗値の伸びが止まるものの再び大きく増加する。なお、注入率が大いほど抵抗値は大きくなる（硬化は速い）。
- ②図-5から、針入度は上記と同様に20~30分程度で0近くなる性状を示すが、それ以降の性状は明瞭でない。

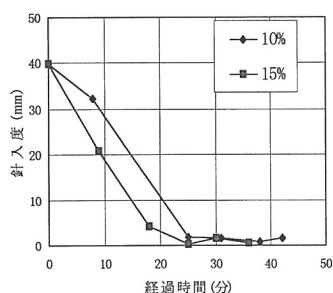
前記と同様の試験を普通ポルトランドセメントでも実施した。その結果、普通セメントの場合、高炉セメントB種に比べて硬化が若干早くなることが分かった。注入率の違いによる硬さの差は少なかった。

また、これとは別に小型のメッシュを使用して施工小実験を行った。その結果、コンクリートの引上げ可能なプロクター貫入抵抗値は約 $10\sim 12\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上、同針入度は約 $6\sim 7\text{ mm}$ 以下であることが分かった。

以上述べた一連の実験結果から、注入率を変えることで、待ち時間を設定することが可能となった。



図－4 注入率別のプロクター貫入抵抗値と経過時間の関係



図－5 注入率別の針入度と経過時間の関係

4. 現場施工実験

4.1 概要

- ・場 所：吹田市広芝町
- ・時 期：平成10年 6 月
- ・杭工法：アースドリル拡底鋼管杭工法
- ・設計余盛高さ：設計天端＋800mm
- ・除去対象コンクリート：設計天端＋200mmより上部の余盛コンクリート（鉄筋かご内側のコンクリート）
実験杭の寸法と杭コンクリートの仕様を下に示す。

実験杭の寸法等

実験杭	杭径 (m)	長さ (m)	設計天(GLより) (m)
№ 1	1.7	27.7	－ 4.25
№ 2			－ 3.75

杭コンクリートの調査設計

コンクリートの種類	呼び強度	スラン プ(cm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	粗骨材の最大寸法 (mm)	セメントの種類
普通	27	18	49	44.2	20	BB

4.2 実験における待ち時間と注入率の設定

コンクリート打設後、急結剤を注入・攪拌して引き上げるまでの待ち時間と余盛コンクリート部へ注入する急結剤の注入率は、前記の実験結果をもとに、以下のように設定した。

- ①待ち時間は、二本の実験杭とも攪拌終了後20分とする。
- ②急結剤の注入率は、実験で求めた注入率とプロクター貫入抵抗値・針入度の関係から、12%とする。

4.3 施工

(1) メッシュのセット

- ①鉄筋かごを孔内に挿入するとき、鉄筋の基礎定着長部分がケーシングより少し高くなる位置で、鉄筋かごを一旦ケーシングに預ける。
- ②バキューム作用防止材を取付けたメッシュを吊り込み、予め鉄筋かごに取付けておいた受け筋の上に乗せたのち、引上げ用パイプをメッシュに取付け固定する（写真－1 参照）。

この実験ではかぶり部のコンクリートは引上げないので、メッシュは鉄筋かごの内側にセットした。

- ③鉄筋かごを所定位置に下ろしてセットしたのち、引上げ用パイプを鉄骨クランプでケーシング頭部に固定する（写真－2 参照）。

(2) 急結剤の注入率の確認と準備

トレミー管をメッシュの穴を通して挿入して、コンクリートを打設する。その間にフレッシュコンクリートを一定量採取して、あらかじめ決めておいた所定量の急結剤を混入・攪拌し、経過時間と凝結性状との関係について調査を行い、急結剤の注入率を決定する。待ち時間は当初の計画通りの20分とした。注入率は、№ 1 の杭については計画通り12%とし、№ 2 の杭については上記調査結果をもとにして12%から15%へ変更した。

(3) 急結剤の注入と攪拌

コンクリート打設後、コンクリート上部の泥水を汲み上げた後、掘削機械のケリーバー先端に装着しておいた注入攪拌装置を使って注入攪拌作業を行った。注入攪拌範囲の正確さを維持するため、装置を挿入する最下部と最上部の位置をケーシング天端から計測しておき、ケリーバーにその位置をマーキングしておくことで誤作業の防止を図った（ケーシング天端に水平定規を架け渡しおき、マーキング位置の確認を目視で行なえるようにした）。

①注入

急結剤の注入は、注入攪拌装置の先端が所定のメッシュの直上（20cm）の位置に達したことを確認した後、掘削機械のケーリーバーを水平に90度ずつ反転させ上方向にゆっくりと引き上げながら行った。広範囲にわたり急結剤が行きわたるように、圧送圧はポンプの最大圧力である60kgf/cm²とした。注入量は処理する余盛コンクリート量が違うために、No.1の杭で55ℓ、No.2の杭で52ℓとした。なお、注入時間は両杭とも約2分強であった。

②攪拌

急結剤の注入が終わると、ホース連結部からホースを取り外し、再度注入攪拌装置をメッシュ直上（最下部）の位置まで下ろして、ケーリーバーを回転（約8回転/分）させ、上方向に移動しながら3分間攪拌した（写真－3参照）。

(4) 余盛コンクリートの引上げ

攪拌終了後20分経過後に、メッシュに取り付けておいた引上げ用パイプにワイヤロープを掛けて余盛コンクリートの引き上げを行った（写真－4参照）。引上げ作業は、以下に述べる理由から出来るだけゆっくりと行った。

- ・引上げ時のバキューム作用が緩和されるため、引上げ時の荷重が小さくてすむ。また、余盛コンクリートに働く下方向への力が小さくなるため、コンクリートがメッシュから抜け落ちにくい。
- ・余盛コンクリートの上部に残った泥水が、バキューム作用防止用パイプの中を通過して、破断界面位置に少しずつ落ちるので、メッシュより下のコンクリートに悪影響を及ぼさない。
- ・衝撃や振動が小さくなるので、引き上げる余盛コンクリートの周辺（側面）部が崩れにくい。

No.1の杭では引き上げた余盛コンクリートの形状は、円柱状ではなくわずかに円錐台に近い状態であった。

No.2の杭の場合は、引き上げ途中で、メッシュ中央にあけておいたトレミー管挿入用開孔部からコンクリート（直径約400mm）が抜け落ちてしまい、中央に穴のあいた状態であった。抜け落ちたコンクリート量は全体の20%弱程度と推測する。

メッシュを取り付けてから、余盛コンクリートを引き上げるまでに要した時間を作業別に示すとそれぞれ下記の通りである。

- ・メッシュセット : 12分
 - ・注入と攪拌 : 14分
 - ・攪拌終了から引上げ完了 : 30分
- 合計56分

（準備・待ち・片付けの各時間を含む）

4.4 杭頭の形状とハツリ作業

杭工事（施工実験）が終わってから約40日経って実験杭周辺の掘削が行われた。

以下、掘削後全容を現した実験杭の杭頭形状と残ったコンクリートのハツリ作業について簡単に述べる。

(1) 実験杭の形状

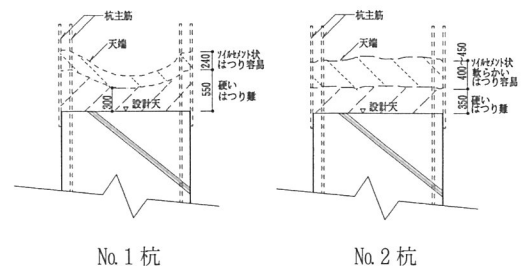
掘り出された杭頭の形状を図－6に示す。

No.1の杭頭は中央部が凹んだすり鉢型の形状を呈していた。これは余盛コンクリートを引き上げたあとに、引上げられずに残っていたかぶり部分のコンクリートが少し内側に崩れて、杭頭の周辺部にたまっただめではないかと考える。

No.2の杭頭は全体にほぼ平らな状態であり、予定の高さより少し高い位置にあった。引き上げた余盛コンクリートの中央が抜け落ちたために、本来すり鉢状になる部分にそのコンクリートがたまり、全体を高くかつ平らな状態にしてしまったと考える。

(2) 杭頭のハツリ作業

No.1の杭は、山止め材用のH形鋼や既存の埋設杭が近接していたため、ハツリ作業がしにくく、既存埋設杭のハツリ作業とが錯綜したため、実験杭の杭頭ハツリ作業（写真－5参照）にどれくらいの時間を要したか計測することができなかった。



図－6 処理杭の杭頭状況

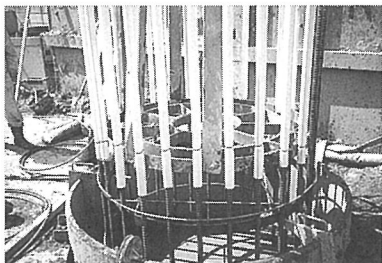


写真-1 メッシュのセット状態



写真-2 引上げ用パイプの固定



写真-3 攪拌状況

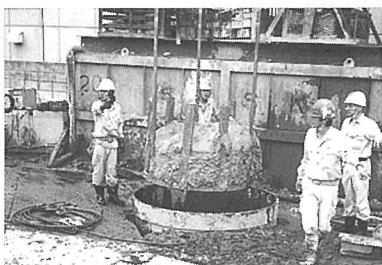


写真-4 余盛コンクリートの引上げ



写真-5 No.1 杭のハツリ作業状況

No.2の杭については、仕上げハツリを含めて約4時間かかったが、何の処理もしていない杭に比べればほぼ半分程度の所要時間であった。しかし、当作業所の杭は、定着鉄筋がダブル配筋となっているので、一般のシングル配筋の杭の場合に比べれば、ハツリ作業時間が思った以上に長くかかった感がある。

4.5 考察

急結剤を余盛コンクリートに注入してその硬化を速めることによって、予定通り早く除去することができたが、No.2の杭のように中央部コンクリートが引き上げる途中で抜け落ちてしまったことを考えると、まだ改善すべき余地が残されているものとする。

以上、工法的にはほぼ初期の目的を達成することができたと判断するが、作業性の向上を図るためには、さらに下記にあげる改善が必要と考える。

- ・引上げ用パイプとバキューム作用防止材の形状寸法およびメッシュへの取付け方法
- ・注入攪拌装置の注入部と攪拌部の形状、ホースの着脱方法およびノズルの目詰まり防止方法

5. おわりに

改良型APTOP工法を開発した過程で以下の点が明らかになった。

- ・急結剤をうまく利用すれば、余盛コンクリートの硬化時間をコントロールすることができる。
- ・このたび考案した注入攪拌装置を使えば、余盛コンクリート部分のみに急結剤が注入でき、ほぼ均一な攪拌も行うことができる。
- ・杭コンクリートの打設から余盛コンクリートの引き上げ作業まで、一連の杭打ち作業の中で遅滞なく行うことができる。

以上述べてきたように、当工法についてほぼ期待通りの成果が得られ、その有効性を確認することができた。今後は機器の改良等を行い、ハツリ作業の短縮化が図れる杭頭処理工法としての完成度を高めていきたい。

最後に、現場施工実験に際し多大なご協力をして頂いたperl江坂新築工事作業所およびヨーコン(株)の関係各位、ならびに装置の製作等について貴重なアドバイスを頂いた(株)コーシン工業の関係各位に深く感謝の意を表します。