

PTC本設地盤アンカー工法の施工事例

The Application to Construction of Permanent Ground Anchor of Tible-Compression Type

犬丸 直明*	菊川 資弘*
Naoaki Inumaru	Motohiro Kikukawa
市 幸雄*	片野 襄*
Yukio Ichi	Yuzuru Katano

要 約

当施工地区は、国宝の姫路城下にある為、景観配慮の指導により建物の高さを、地上4階及び6階に制限された。その結果、地下に大きな容積を持つ建物（地下3階）となり、さらに市川水系の影響により、地下水位の常水面が高く、建物の浮き上がりが問題となった。当初、躯体重量と鋼製バラストの重量を用い浮力に対抗する設計が行われたが、PTC本設地盤アンカー工法を提案・採用することでこの問題を解決し、品質の向上、工期の短縮及びコストダウンが図られた。本報告は、お城本町地区の再開発事業に於けるPTC本設地盤アンカー工法の設計及び実施工の計画概要、被圧地下水下における施工時の問題点などについて述べる。

目 次

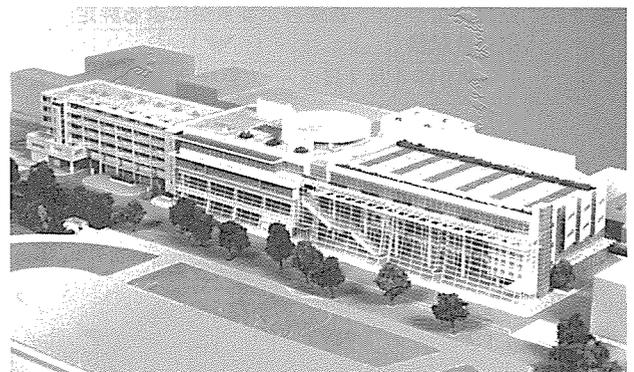
- §1. はじめに
- §2. 工事概要
- §3. PTCアンカーの概要
- §4. 当出張所における施工概要
- §5. 施工における問題点
- §6. 緊張定着
- §7. まとめ

§ 1. はじめに

都市再開発の空間的利用には、構造物の高層化により土地を有効活用する方法や地下にその空間を求める方法が挙げられる。本工事は再開発事業で、国宝の姫路城下である為、景観配慮により高さ制限を受け地下に大きな容積を持つ建物となった。また、市川水系の影響により、地下水位の常水面が高いという特性より、建物の浮き上がりが問題となった。当初の計画では、躯体重量と耐圧盤に配置された鋼製バラストの重量を用い浮力に対抗する設計が行われていたが、PTC本設地盤アンカー工法を提案・採用することによりこの問題を解決した。本報告は被圧水下における当社として初めて施工したPTC本設地盤アンカー（以下PTCアンカーと称する）の施工報告を行うものである。

§ 2. 工事概要

工 事 名 称：お城本町地区第一種市街地再開発事業
 施設建築物新築工事
 工 事 場 所：兵庫県姫路市本町68番290
 発 注 者：お城本町地区市街地再開発組合
 設計・監理：株式会社 梓設計大阪支社
 工 期：1998年7月28日～2001年6月30日
 敷 地 面 積：7,590.28m² 建築面積：5,956.96m²
 延 べ 面 積：38,879.26m²
 軒 高：20.8m 最高高さ：21.4m
 構 造 種 別：直接基礎・PTC本設地盤アンカー
 RC造（一部SRC造・S造）
 施 設 用 途：複合施設



図一 完成予想パース

* 関西支店お城本町出張所

§ 3. PTCアンカーの概要

3-1 開発・認定経緯

以下に、PTC本設地盤アンカー工法の開発経緯と、本工事においてPTC本設地盤アンカー工法が採用され大臣認定を受けるまでの経緯について述べる。

(1)開発経緯

「PTC本設地盤アンカー工法」(PTC=Permanent ground anchor of Tible-Compression type)は、昭和60年代前半以降に地盤アンカーを建築の構造体として使用することが可能となったことを受け、当社を含むゼネコン9社(安藤建設(株)、(株)鴻池組、住友建設(株)、(株)銭高組、東海興業(株)、戸田建設(株)、(株)フジタ、三井建設(株)、メーカー1社(株)エスイー)及び施工業者3社(構造工事(株)、日特建設(株)、日本基礎技術(株))の13社により共同開発されたものである。

(2)採用までの経緯

当初、山留計画は集中切梁工法であったものをアースアンカー工法に変更した。工法変更は玉石層である姫路市内において、過去に他社が施工困難であったことを受け反対されたが、関係各位の理解を受け承認され施工に至った。このような経緯の為、PTC本設地盤アンカー工法の採用についても疑問視されたが、先行したアースアンカー工法による施工に問題がなかった為、工法変更が認められた。当社として初のPTCアンカー施工となる

為、事前に(株)日本建築センターの個別評定及び建設大臣による認定を受けることが必要であった。評定申請前に、各種試験・調査(地盤調査・透水試験・PS検層・層別沈下測定・地下水調査等)や、第1回の試験施工・引抜き試験を行い定着地盤の極限周面摩擦力度を求めた。図-2に施工に至るまでのフローを示す。

3-2 PTCアンカーの特徴

PTCアンカーは、図-3の断面詳細に示すように、アンカー頭部、アンカー中間部、アンカー定着部及びアンカー先端部で構成されている。引張材には、PC鋼より線を7本又は19本より合わせた多重よりPC鋼より線を、高密度ポリエチレンで被覆し、その両端にマンションを冷間加工して一体化したしたタイプル(Tible)を用いる。アンカー中間部はタイプルとグラウトの縁を切る為に、硬質ポリエチレン管で作られたスライドパイプを用いる。これにより、アンカー頭部で引張材に導入された緊張力は、そのまま定着体下端まで伝達され定着体及びグラウトを介して地盤へと伝達され、両部材には圧縮力のみが生ずる。PTC本設地盤アンカーが圧縮型アンカーに属する所以である。圧縮型アンカーの特徴として、アンカー体のグラウトには引張による亀裂が発生せず、耐久性に優れていることが挙げられる。また、アンカー材は設計荷重に応じて、最大有効緊張力が約600kN~1.600kNまでの6タイプある。(F100TC~F270TC)

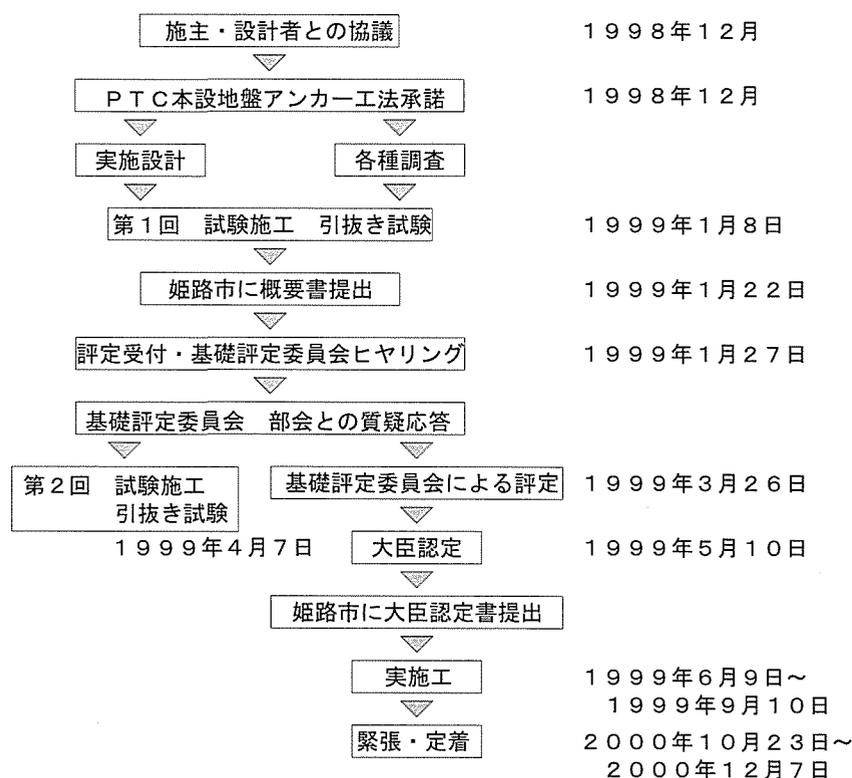


図-2 施工までのフロー

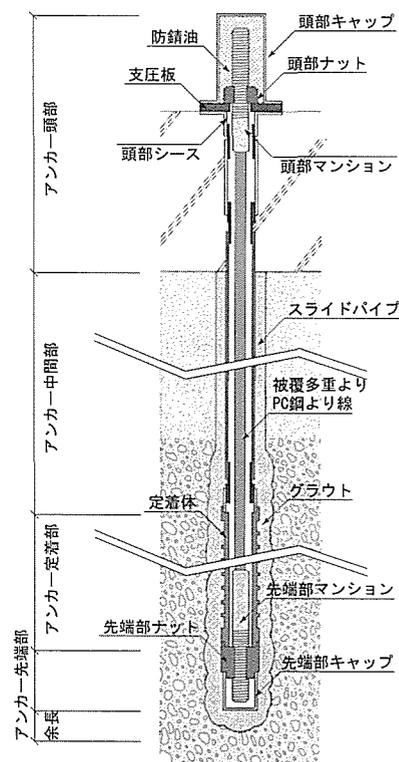


図-3 PTCアンカー断面詳細図

3-3 設計概要

お城本町地区のPTCアンカーにおける設計概要について述べる。

本地盤アンカーの設計は、(財)日本建築センター基礎評定委員会「基礎評定委員会の評定・評価に関する基本方針の改定(1996)について」及び、「PTC本設地盤アンカー工法設計・施工指針」に準拠し行われた。また設計に際し、下記の項目を基本条件とした。

- ①解析モデルとしては、基礎部の応力及び変形は格子梁モデルに置換し、支点は地盤ばねを考慮した弾性支承とする。
- ②常時の設計用地下水位は、本敷地の水位観測結果に基づいて設計GL-3.5mとし、洪水時の水位は設計GL-0.5m(現状GL±0m)とした。
- ③基礎の底面は、常時・洪水時及び地震時において離間させないこととした。
- ④PTCアンカーの定着地盤は、概ねN値が50以上の安定した大阪層群礫層の砂質土層とした。
- ⑤極限周面摩擦力度は、2回の試験施工・引抜試験結果より、 $\tau_{ug} = 1.5N/mm^2$ と定めた。

§ 4. 当出張所に於ける施工概要

4-1 計画概要

通常のPTCアンカー施工は、不透水層(止水層)の有無を確認しSMWを不透水層まで造成する。また、ディープウェルをSMWと不透水層で囲まれた範囲に設置し揚水する。これにより、地下水に関して敷地と外部との縁が切られることとなり、湧水の問題(特に被圧を受けた地下水の問題)は解決され、掘削・均しコンクリートの打設が可能となる。PTCアンカーは均しコンクリート打設後施工される。ところが本工事に於いては、不

透水層が浅い位置に存在しないため、ディープウェルの揚水能力を高めることによりSMW内の地下水位を下げる計画とした。しかし、アンカー定着位置は深く、地下水位以下まで削孔を行うために被圧水の問題を抱えることとなった。そこで、4-2に示す施工手順によりこの問題の解決を図った。図-4に建物断面を、図-5にアンカー配置図を示す。また、本工事のアンカー組立材のタイプと工事数量を表-1に示す。アンカー施工箇所は、アトリウムの直下など上部躯体の重量が期待できない箇所

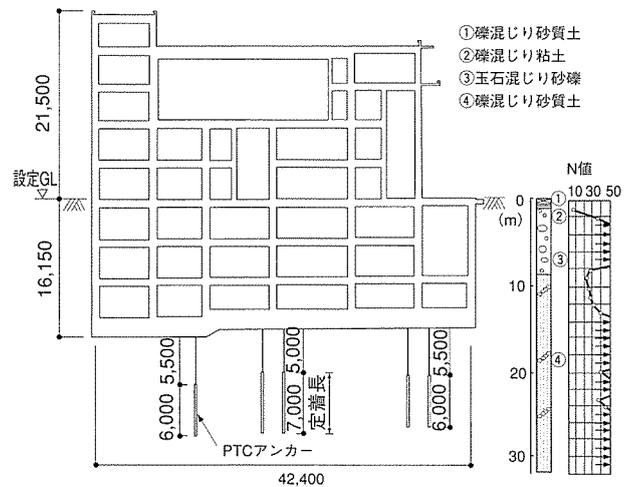


図-4 建物断面図

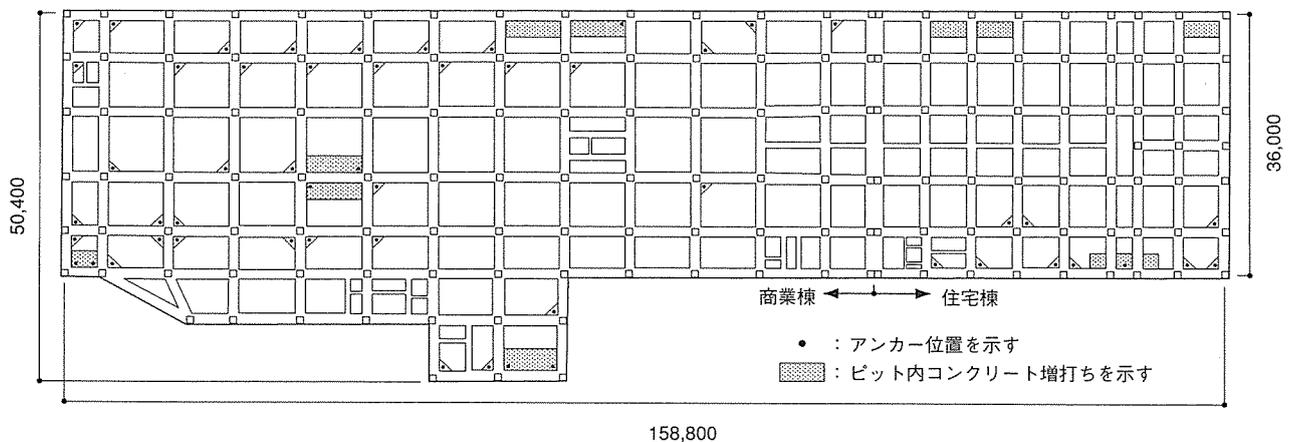


図-5 アンカー配置図

表-1 アンカータイプ一覧

パターンの	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	D1	D2	E1	E2	
アンカータイプ	F160TC	F230TC				F230TC		F270TC		F270TC		
初期緊張力 [kN]	1040	1400				1400		1630		1630		
定着時緊張力 [kN]	1040	1400				1400		1630		1630		
有効緊張力 [kN]	936	1260				1260		1467		1467		
基礎天端深さ [GL-m]	12.55	12.55	13.85	13.85	14.85	13.85	14.85	12.55	13.85	13.85	14.85	
アンカー長 [m]	11.775	13.315	13.315	14.315	12.315	16.815	15.815	13.815	13.815	17.815	16.815	
削孔径 [mm]	170											
削孔長 [m]	10.25	11.75	11.75	12.75	11.75	15.25	14.25	12.25	12.25	16.25	15.25	672.25
定着長 [m]	4.5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	336.5
総本数 [本]	3	7	13	1	3	1	2	4	9	3	7	53

4-2 施工手順

当現場に於けるアンカー施工の手順は、被圧水の問題を解決する為、図-6に示す手順で行われた。

(1) 芯出・ガイド管設置

本工事では被圧水を抱えた状況での施工となるため、均しコンクリート上に芯出しを行い、機械搬入後にロータリーパーカッションを用いて、被圧水の対策として考案されたガイド管を設置した。

(2) 削孔

通常の施工に於いては、二重管掘りが一般的であるが、被圧水対策として単管掘りとし、クローネンビットと呼ばれる逆止弁付きのビットをケーシング先端に取付け、ケーシング内に清水を送り込んだ。これにより削孔水がケーシング内に逆流するのを防ぎ、被圧水に対しても抵抗できた。クローネンビットはアンカー組立材を吊り込み・挿入後、ケーシング引き上げ時に切り離され地中に

残ることとなる。またケーシングの外側を伝って上昇してくる被圧水及び削孔時の戻り水の対策として、止水ボックスをガイド管に取り付け、均しコンクリート上へ泥水が流出しないようにした。

(3) アンカー組立材挿入

削孔後、ケーシング内にグラウト材を注入し（1次注入）アンカー組立材を挿入する。この時、クローネンビット切り離し後の被圧水に対抗しうる高さまでケーシングを立ち上げた。立ち上げ高さは、3次掘削時の被圧水位（3次掘削床付盤から6.0m）を参考に均しコンクリート天端から8.0mと決定した。（写真-1）

(4) ケーシング引抜き・グラウト加压注入

アンカー組立材吊り込み・レベル確定後、ケーシングの引抜きと、グラウト材の加压注入を行った。初回の加压注入はケーシングを3.0m引抜いた時点で行う。注入圧は0.5MPa、保持時間を5分間とした。以降、ケーシ

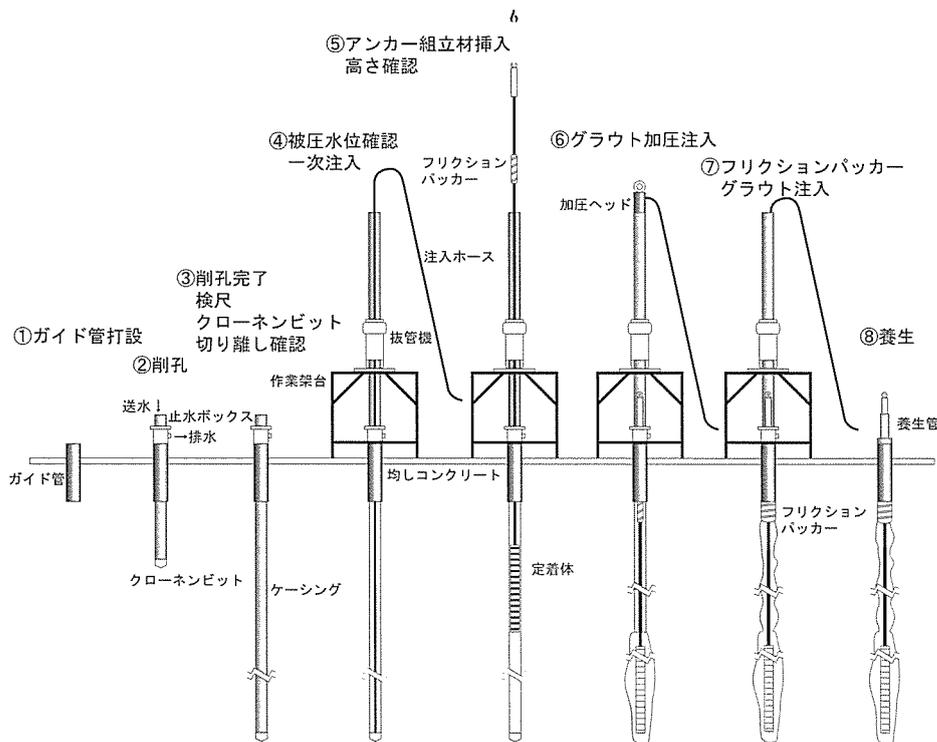


図-6 アンカー施工手順

ングを3.0m引抜く毎に加圧注入を行い、定着体全長にわたって加圧注入が終了したら、アンカー組立材に取り付けたフリクションパッカーにグラウトを注入することによりガイド管とパッカーとの間を閉塞した。被圧水が上昇し漏水するのを防止した後、すべてのケーシングを引抜いた。

(5)固定養生・頭部処理

ケーシング引抜き完了後、アンカー組立材に緩みや移動が生じないように吊り養生を行った。また、1日の養生を経た後アンカー体を固定していた吊り金物を撤去し、アンカー組立材頭部にある養生管に止水処理を施し、頭部養生管の上部を取り外して頭部キャップを取り付けた。

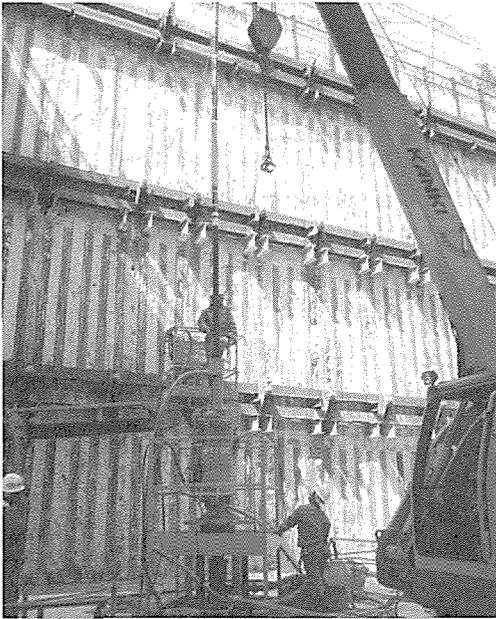


写真-1 PTCアンカー挿入状況

§ 5. 施工における問題点

前章においてアンカー施工手順を述べたが、以下に示す問題点が施工中に生じた。本章では、この問題点についての解決法を述べる。

5-1 施工時間

当初、PTCアンカーの施工は、被圧水に対しての施工手順の追加を考慮して、1日当たり3本で計画されていた。(通常の施工方法では1日当たり4本で計画される。)しかし、施工手順が煩雑な上、被圧水位に対抗しうるだけのケーシングの立ち上げにより、高い施工架台の振り回しなどが作業時間を引き延ばす原因となり、1日当たりの歩掛は2本であった。そこで、3次掘削時に測定した被圧水位(均しコンクリート天端から8.0m)の見直しを行ったところ、最終5次掘削完了後の被圧水位はこれより低いことが判明した。これにより削孔完了後の被圧水位を測定し、それに合わせたケーシングの立ち上げ(低いところでは3.0m程度)と被圧水位に合わせた低い施

工架台の採用により、1日当たりの施工本数は3本近くに改善された。

5-2 クローネンビットの切り離し

4-2の施工手順において、単管掘りを行う際に、削孔水や被圧水の逆流を防止するために用いたクローネンビットが、ケーシング引き上げ時に切り離れず、アンカー組立材がケーシングパイプ引き上げ時に共上がりするという問題が生じた。この原因は、クローネンビットとケーシングパイプとが玉石層を削孔する際、押し込み削孔となり密着したからであった。アンカー組立材を挿入する前に、クローネンビットとケーシングパイプとの掛かり代を考慮し、検尺テープを挿入したまま50mmケーシングを引抜き、ケーシング内の長さを測定しクローネンビットが切り離されているか確認する手順を追加した。共上がりした場合は、二重管掘りに用いる内管を利用してクローネンビットを先端に押さえつけ、引抜き切り離しを行った。これによって、クローネンビットを切り離す事が出来た。

5-3 止水性

アンカー組立材施工後の被圧水の問題は、ガイド管内でフリクションパッカーを膨張させ、ガイド管内への被圧水の上昇を止める計画であった。ところが、4-2の施工手順のケーシング引抜き・グラウト加圧注入後、被圧水がガイド管から漏水し、均しコンクリート上へ漏れ出すという現象が生じた。それは、ガイド管内でのフリクションパッカーのかかり代が20cm、地盤内80cmと、ガイド管内へのかかり代が小さいことが原因であった。そこで、フリクションパッカーのガイド管内へのかかり代を50cm、地盤内50cmになるよう変更することでこの問題は解決された。

5-4 アンカー体の共上り

ケーシング引抜き時のアンカー組立材の共上りについて5-2で述べた。先の原因はクローネンビットの切り離し不良であったが、5-4では加圧注入後のケーシング引抜き時に生じた。この原因は、ケーシング内で加圧注入されたグラウト材が、フリクションパッカー部で脱水され硬化することであった。当初フリクションパッカーは開き止めとしてビニルテープ巻きとしていた。その為、フリクションパッカーの布部がほぼ見える形となりグラウト材の脱水作用が生じたと考えられた。そこでフリクションパッカーの布とグラウト材との縁を切るためにビニルテープ巻きとしていた開き止めを布ガムテープに変更し布部を全て覆う形とした。ただし、フリクションパッカーを全て覆うことで、パッカー内を加圧した際膨張しなくなる可能性が生じるので、陸上にて膨張確認試験を行い、フリクションパッカーが膨張することを確認した後、上記の方法で施工を行った。

§ 6. 緊張定着

アンカーの緊張定着を2000年10月より12月にかけて2回に分け実施した、緊張定着手順及び確認試験について述べる。

6-1 緊張定着手順

本工事における緊張定着工法は、SEEE工法（ネジ式定着方式）により行った。また、緊張定着前にアンカーグラウト及び基礎コンクリートの各強度確認を実施し、グラウト強度が30N/mm²以上、基礎のコンクリート強度が所定の強度以上であることを確認し、緊張定着を行った。その後、アンカー頭部に防錆油を充填した頭部キャップを支圧板とボルト締めした後、充填を密にするためさらに防錆油を注入し、頭部の防錆処置を完了した。本施工においては頭部の保護のため、保護コンクリートを打設し施工を完了した。

6-2 確認試験結果

地盤アンカーの引張り抵抗力及び変形性状が所要の性能を有しているか確認試験を行った。確認試験として、多サイクル引張り試験と1サイクル引張り試験の2種類があり、全てのアンカーに対していずれかの試験を実施した。また以下の4条件を判定基準としてPTCアンカーが所要の性能を有しているか確認した。

* 判定基準

①引張材頭部の弾性変位量が下記基準以内に収まっていること。

・ 下限限界線 $\delta_L = \frac{1}{K_A}(P - P_0 - 0.15T_{ys})$

・ 上限限界線 $\delta_U = \frac{1.1}{K_A}(P - P_0)$

K_A ：引張り材のバネ定数

P ：緊張力

P_0 ：初期荷重

T_{ys} ：引張り材の規格降伏荷重

②残留変位量が定着長の0.5%を超えないこと。

③各最大荷重時における引張り材頭部変位量の増加割合 (Cs) が2mmを超えないこと。

④離間荷重が定着時緊張力以上で、かつ最大定着時緊張力以下であること。

図-7にアンカータイプF230TCの多サイクル引張り試験結果の代表例を示す。

6-3 緊張定着のまとめ

これらの確認試験により、本工事において施工したPTCアンカー53本すべてが所要の性能を有しているこ

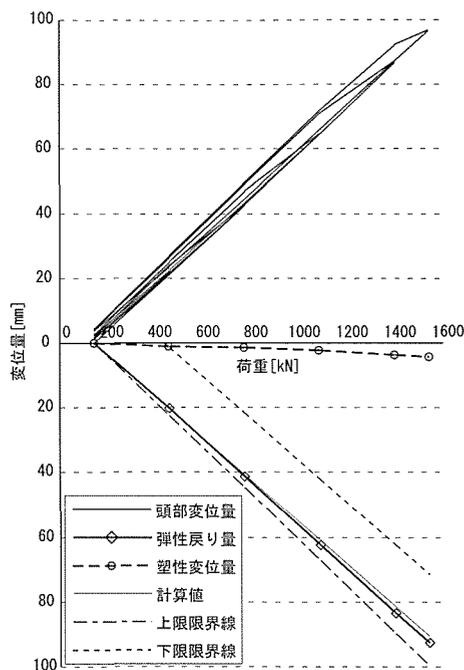


図-7 多サイクル引張り試験結果

とが確認された。

§ 7. まとめ

本報告では、PTCアンカーの施工事例について述べた。当社として初めての実施工であり被圧地下水下での施工となった為、施工中に様々な問題が発生した。しかし、緊張定着を終え所定の性能が得られたことが確認された。また、PTCアンカーを採用することにより品質の向上、工期の短縮及びコストダウンが図られた。本物件の施工にあたっては、本社技術部・本社設計部・技術研究所のご協力を得ることにより無事に施工が完了しました。関係各所の方々にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 財団法人日本建築センター基礎評定委員会：基礎評定委員会の評定・評価に関する基本方針の改定(1996)について、ビルディングレター、1996.3
- 2) 日本建築学会：建築地盤アンカー設計施工指針・同解説、1991
- 3) 日本建築学会：建築地盤アンカー設計施工事例集、1997
- 4) 西松建設(株)：PTC本設地盤アンカー工法設計施工指針、1990.
- 5) 小林・宮崎・武内：本設地盤アンカー（永久アンカー）の開発、西松建設技報 Vol. 14, 1991.
- 6) 武内・小林・宮崎：本設地盤アンカー（永久アンカー）の開発（その2）、西松建設技報 Vol. 15, 1992.
- 7) 武内他：本設地盤アンカーに関する施工報告、日本建築学会大会学術講演梗概集、PP. 479-480, 2000.