

鋼管杭圧入工法による土留杭兼用 アンダーピニング杭の施工

金子 雅廣¹・吉田 典史²・堀井 靖夫³・櫛原 昇⁴

¹正会員 成田国際空港株式会社 工務部 土木グループ 副主幹
(〒282-8601千葉県成田市成田空港内 NAAビル)

²成田国際空港株式会社 工務部 土木グループ 副主幹
(〒282-8601千葉県成田市成田空港内 NAAビル)

³清水建設株式会社 土木東京支店 千葉土木営業所 第2ターミナル駅増築工事(南側)作業所長
(〒282-0004千葉県成田市古込1-1)

⁴正会員 清水建設株式会社 土木技術本部 都市基盤統括部 鉄道施設グループ 主査
(〒1085-8007東京都港区芝浦1-2-3 シーバンス S 館)

成田空港第2ビル駅は直接基礎の地下RC2層構造で、その一部区間がB1Fのみ張出した構造になっている。B2Fへの線増工では、既設B1Fをアンダーピニングしつつ、その直下に非開削工法にて地盤を掘削して新設躯体を構築する必要があるが、従来の一般的な施工方法では複雑な施工手順による工程圧迫、作業性の低下、アンダーピニング支持杭の沈下や支持力不足の懸念、といった問題点があった。このため、既設構造物を反力として鋼管杭を圧入施工し、その鋼管杭にてアンダーピニング支持杭と土留杭を兼用させる工法を採用した。その結果、問題点の解消に加え、高剛性の鋼管杭の採用により土留支保工を省略できたため、施工空間の拡大により更なる施工効率を確保することが可能となった。

キーワード:アンダーピニング, 土留杭, 鋼管杭, 圧入工法, プレロード

1. はじめに

現在、東京都心と成田空港間の所要時間を大幅に短縮する、成田新高速鉄道(京成高砂～成田空港)の整備が実施されている。その一環として成田国際空港(株)は空港第2ビル駅にて、現在の相対式2面2線の内、京成線側の軌道とホームを増設して一部島式の2面3線に増設する工事を実施している。

同駅はRCカルバートの地下構造物であるが、既設躯体の直下に新設躯体を設置する区間があり、既設躯体をアンダーピニング工により仮受けしつつ施工する必要があった。本編は当該箇所において、鋼管杭圧入工法による土留杭兼用アンダーピニング杭を施工することにより、効率的な施工が可能となった事例について紹介するものである。

2. 工事概要

- ・工事名称：第2ターミナル駅増築工事(南側)
- ・工事場所：千葉県成田市 成田国際空港地内

- ・工期延長：221m(内、非開削部 127m, 開削部 84m)
- ・工期：平成18年11月1日～平成22年3月31日
- ・発注者：成田国際空港株式会社
- ・施工者：清水・戸田特定建設工事共同企業体

3. 施工条件

(1)既設・新設構造物断面

既設駅躯体は基本的に直接基礎のRC2層構造であり、その既設躯体の西側に軌道階であるB2F部分を張付ける形で新設躯体を増築するが、既設躯体の内延長約127mについてはB1Fが検問エリアとして西側に張出した構造となっており、新設躯体はこの検問エリア下部を非開削にて掘削して底版と側壁をL字形に構築するものである。当該部の標準断面図を図-1に示す。

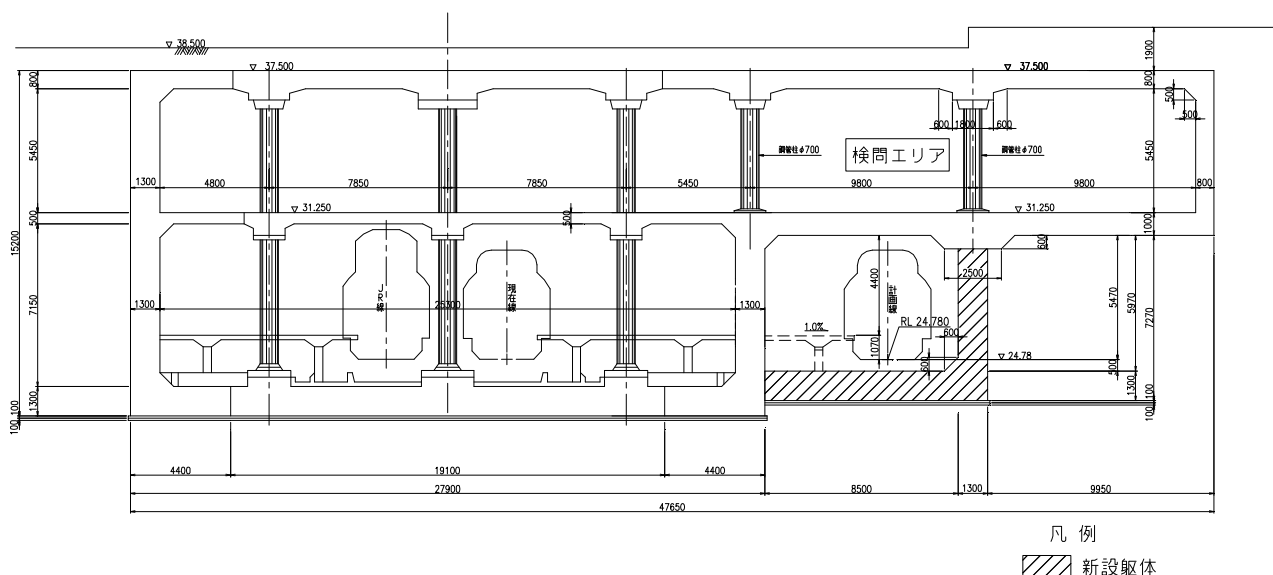


図-1 空港第2ビル駅6ブロック 構造一般図

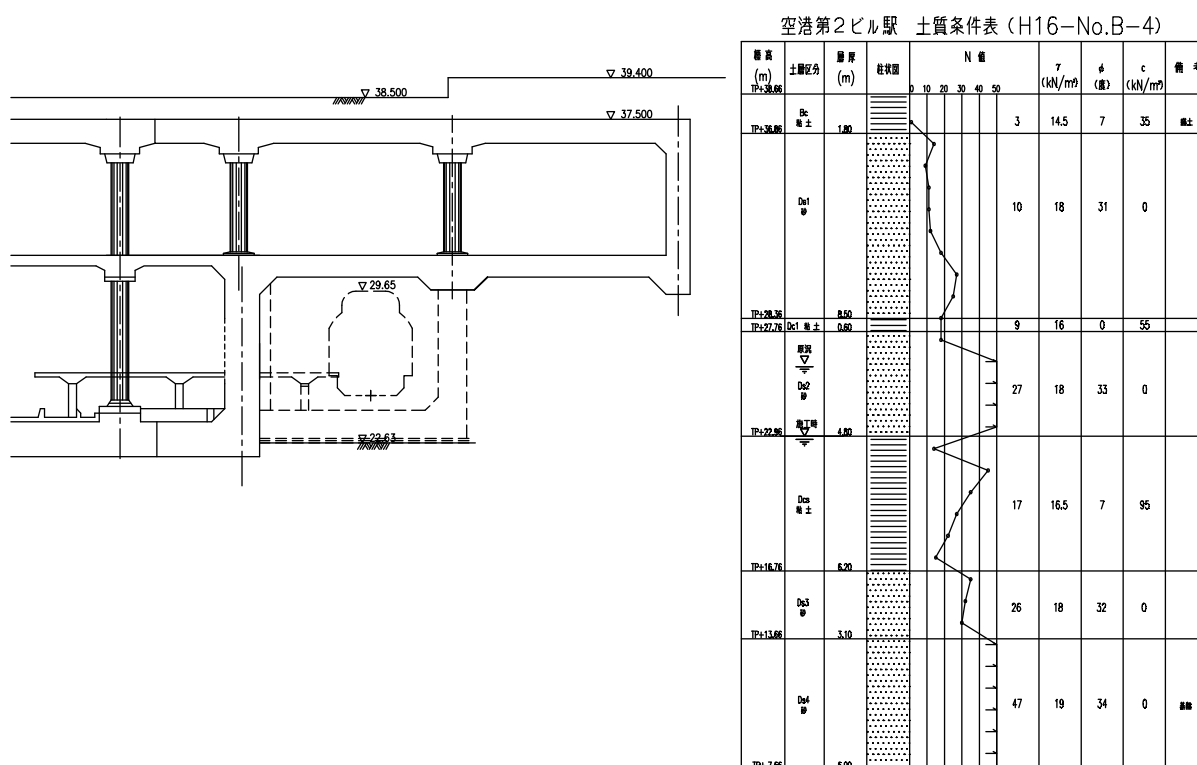


図-2 土質条件

(2)土質・地下水条件

現地の土質は、表層約 2mの粘性土主体の埋土層より下部は洪積層であるが、N値 10～50 程度の複数の砂質土層が支配的に分布しており、非開削部の掘削地盤の主体となっている。土質条件を図-2 に示す。

地下水位に関しては、近傍箇所におけるB層～Ds4 層の各層の現場透水試験による実測の結果、最も高い水位で GL-12m程度であり、工事期間中はさらにディープウェルにて掘削底面以下まで地下水

位を低下させている。

(3)立坑設置箇所

非開削部の両端は開削部に接しているが、既設構造物配置や工程上の観点から事前に両端に立坑を設置することができないため、非開削部に中間立坑を設置して、本掘削までの工程については資機材や掘削土の搬出入はそれによるものとした。図-3に中間立坑位置図を示す。

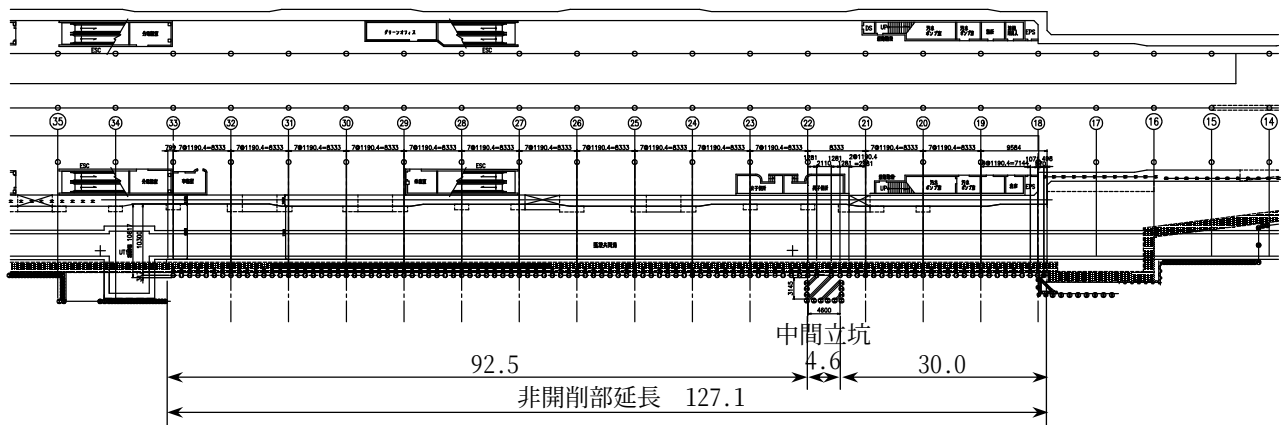


図-3 中間立坑位置図

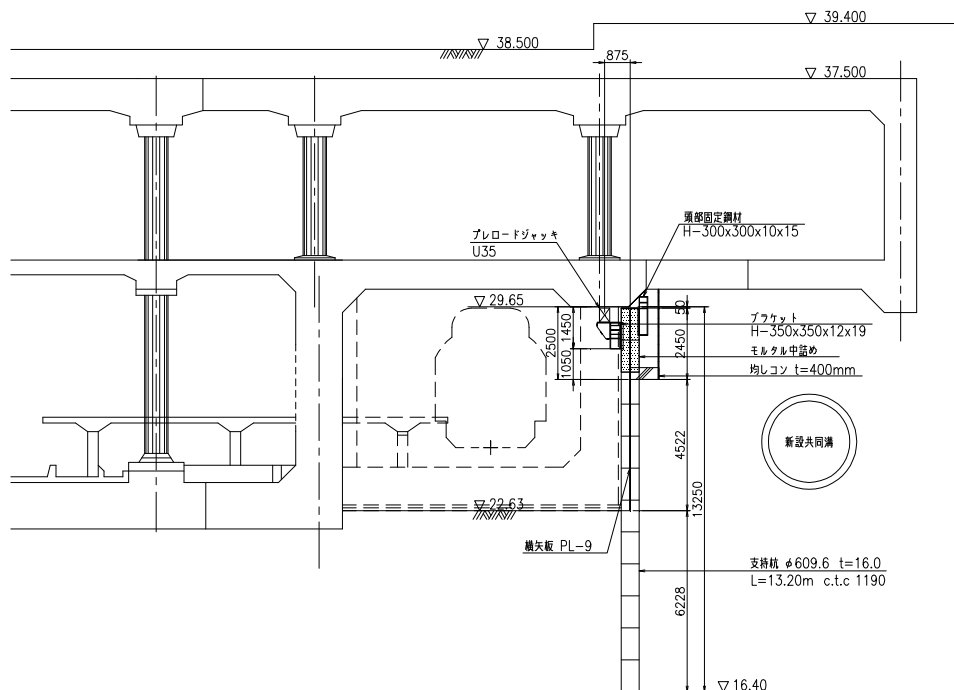


図-4 施工断面図

4. 一般的な施工方法と問題点

直接基礎による既設躯体の直下に新設躯体を築造する場合、通常では以下のような手順で施工するのが一般的と考えられる。

- ①導坑掘削（土留め杭及びアンダーピニング施工用）
- ②土留め杭及びアンダーピニング杭打設
- ③アンダーピニング杭頭に仮設梁・ジャッキ等設置して既設躯体荷重仮受け
- ④土留め支保工架設しつつ本掘削
- ⑤新設躯体築造
- ⑥既設躯体荷重を新設躯体に受替え（本受け）
- ⑦土留め支保工，アンダーピニング杭等支障仮設構造物撤去又は切断し，埋戻し

しかしながら本件のように施工断面が小さくて逆に延長が長い場合，施工する上で以下のような問題点が考えられた。

- ・既設躯体直下の狭小な施工空間内にアンダーピニング構造と土留構造の両者が必要となるため，それらが輻輳して作業効率上の制約を大きく受ける。
- ・アンダーピニング支持杭の沈下や支持力不足がない様に留意する必要がある。
- ・上記のような複雑な施工手順を長距離に渡り施工するため，工程を圧迫する。

5. 本件に採用した施工方法

前述の問題点を解決するため、下記に示す工法を採用した。

- ・既設躯体直下にそれを反力として圧入工法にて鋼管杭を打設し、その鋼管杭にアンダーピニング杭と土留杭を兼用させる。

掘削完了段階における、施工断面図を図-4 に、鋼管杭の仕様を表-1 に示す。

表-1 鋼管杭仕様

管種	SKK400
管径, 肉厚	φ609.6, t=16mm
杭長	L=13.2m
杭間隔	c.t.c.=1190
杭本数	107 本

また、本工法による具体的な施工手順を、図-5 及び以下に示す。

- ①中間立坑から両方向に、H鋼支保工枠及び横矢板にて、2.5m×3.2m程度の小断面導坑掘削。
- ②導坑内より、アンダーピニング杭兼土留杭となる鋼管杭を、上部の既設躯体を反力としてジャッキを用いて圧入。圧入作業は、全長 13.2mを 12 分割した長さ 1.1mの鋼管ロットの圧入と溶接接合を繰返し、打ち止め時に所定の支持力を各杭ごとに確認した。
- ③導坑内空部に位置する上部鋼管杭を溶接し、それにブラケットと杭頭固定鋼材を溶接にて設置。ブラケットは既設躯体の荷重支持点を既設鋼管柱の直下（断面上の格点）とするためのもので、杭頭固定鋼材は鋼管杭を土留杭とした場合の杭頭部の支点として水平方向変位のみ拘束するものである。
- ④鋼管杭背面となる導坑内に流動化処理土を充填して埋戻した後、ブラケット上にジャッキを設置してプレロードをかけ、既設躯体荷重を鋼管杭へ仮受けする。
- ⑤横矢板として隣接鋼管間に鋼板を溶接しつつ、新設躯体範囲の掘削を開始する。この際、土留壁としての鋼管杭の剛性が大きいため、切梁やアンカー等の土留支保工は不要である。
- ⑥床付け完了後、基礎碎石・均しコンクリート打設を経て底版を構築する。
- ⑦側壁の下半を構築する。この際、側壁内にアンダーピニング荷重受替え用の支柱・架台を埋込み、ジャッキを設置して、それまで鋼管杭が分

担していた荷重を新設躯体側に受替える。その後鋼管杭のブラケットを切断撤去する。

- ⑧側壁の上半を構築し、新設躯体の築造を完了する。

6. 利点及び今後の課題

(1)利点

本工法を採用したことによる利点としては、下記があげられる。

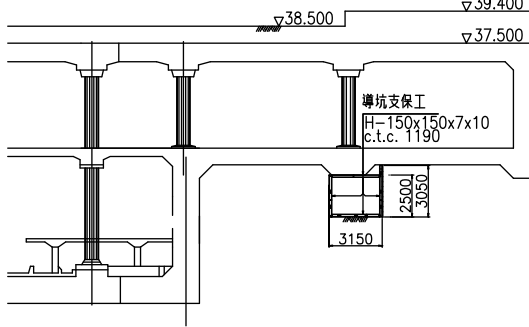
- ・剛性の大きな鋼管杭を採用したことにより土留支保工が省略できたため、施工手順の簡略化に加えて施工スペースの大幅な拡大により施工効率を確保し、約 2 ヶ月の工程短縮により所定の工期を確保することが可能となった。
- ・直接基礎である既設躯体直下での導坑掘削時は、作用地盤反力の一部が除去されるため既設躯体の安定性が減少するが、鋼管圧入工法に必要な導坑断面積は、他の工法、例えば汎用的な低空頭杭打設工法であるBH杭工法と比較しても小さいため、既設躯体に与える影響の低減が可能であり、今回も問題なく施工された。
- ・既設躯体荷重の受替えに当たっては、仮受け杭の沈下や支持力不足という点に関し、例えばBH工法では孔底の残留スライムの存在によりこれらの点が懸念されるが、圧入工法では施工時の打止めの際に直接支持力と沈下の有無を確認することが可能であり、アンダーピニング工としての信頼性が高い。

(2)今後の課題

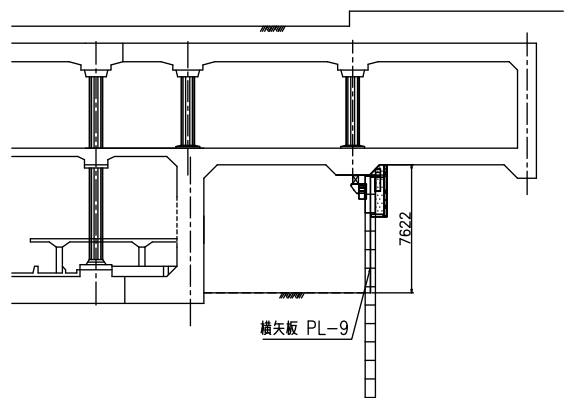
一方、留意点及び今後の課題としては、下記があげられる。

- ・サイクルタイムに占める鋼管の溶接時間が相対的に大きいため、品質・コスト等の条件を満たすより簡易な鋼管接合方法が開発されれば、より工程を短縮することが可能である。
- ・また、小断面導坑における多頻度の溶接のため、特に換気への配慮が必要である。

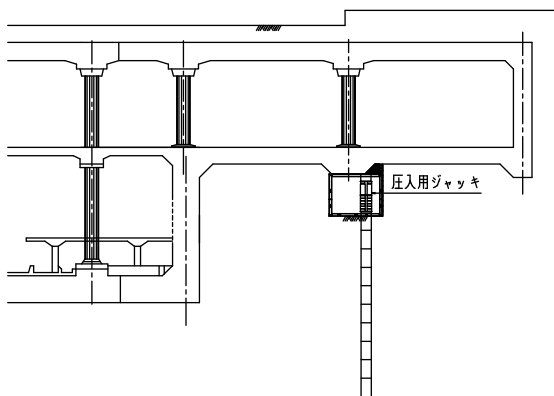
①小導坑掘削・支保工建込み



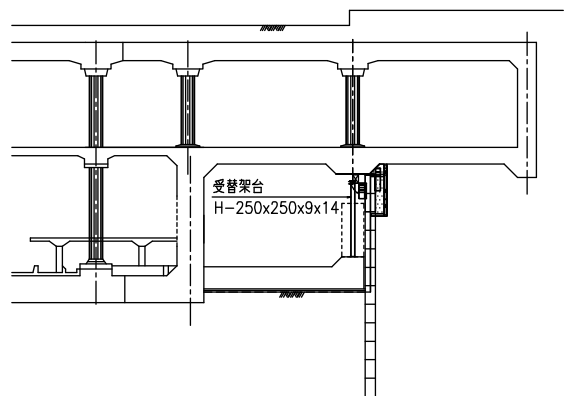
⑤掘削・横矢板建込



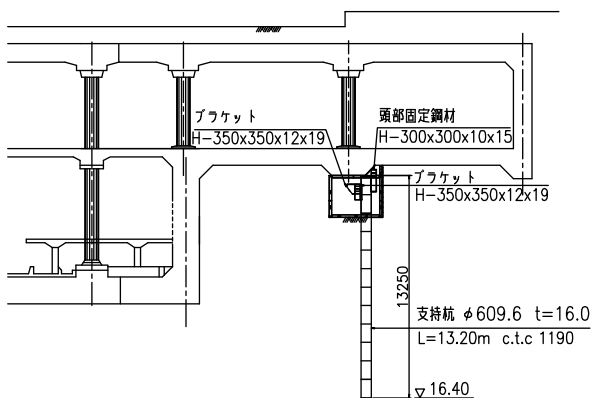
②鋼管杭圧入



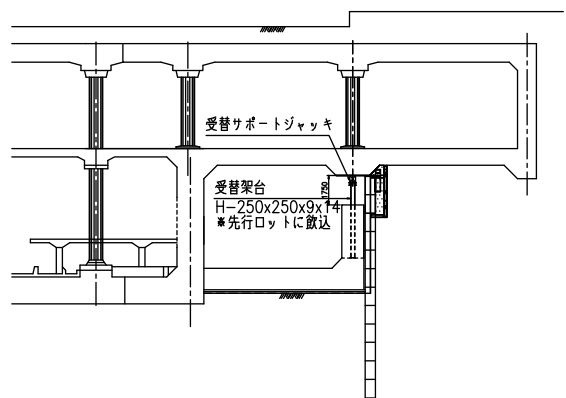
⑥躯体構築（底板）



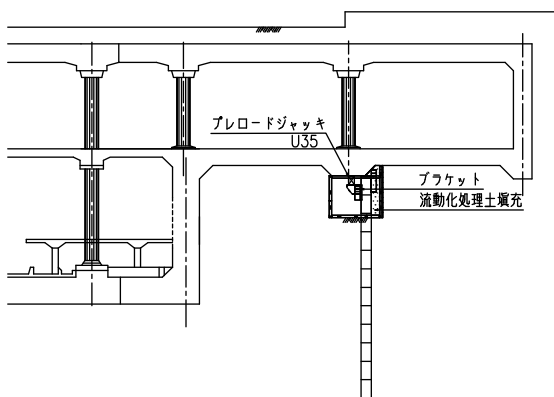
③上部鋼管杭溶接、ブラケット・杭頭固定鋼材取付



⑦躯体構築（側壁下部）、プレロード荷重受替・ブラケット撤去



④背面流動化処理土填充、ジャッキ設置、プレロード載荷



⑧躯体構築（側壁上部）

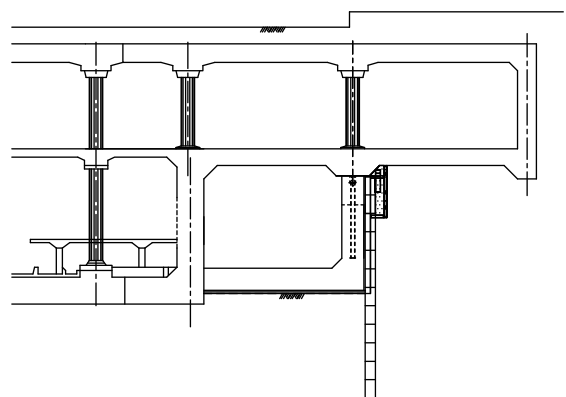


図-5 施工手順図



写真-1 小断面導坑掘削状況



写真-2 鋼管杭圧入状況



写真-3 ブラケット設置・油圧ジャッキ载荷状況



写真-4 掘削完了後の状況

表-2 計測管理項目

計測対象	計測方法
既設躯体沈下	自動追尾式トータルステーション及びレベル計測
既設躯体仮受け荷重	アンダーピニング油圧ジャッキ油圧ゲージ
鋼管杭応力	歪ゲージ

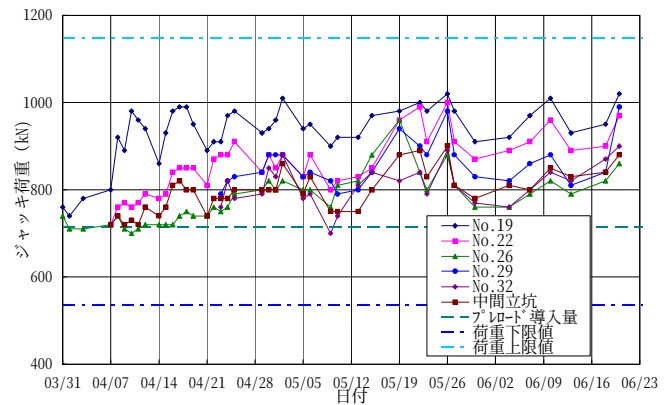


図-6 既設躯体仮受け荷重経時変化

7. 施工記録

(1) 施工進捗状況

実際の施工状況を写真-1～写真-4 に示す。本報文出稿時点では、前記施工手順⑤の掘削が終了し、均しコンクリートを打設した段階であるが、順調に推移している。（写真-4 の右側の黒色の壁が防水シートを貼付した鋼管杭列である。）

(2) 計測について

本工事では鉄道近接工事に伴って種々の計測を実施しているが、本稿に関連する計測としては表-2 に示す計測を実施している。一例として、既設躯体仮受け荷重の経時変化図を図-6 に示す。全てのジャッキ荷重値は管理限界値以内で推移している。

8. まとめ

成田空港は日本の表玄関として、日々多数の国内外の旅客にご利用いただいている。本工事はその重要なアクセスである営業中の鉄道駅の直下での難度の高い工事について、創意工夫により問題の解決を図った事例である。今後の同種の工事において、本報文が参考になれば幸いである。