
鋼製人工地盤の設計・施工

Design and Construction of a Super Platform Structure Made of Steel

三好 弘高(Hirotaka Miyoshi) 高部 良二(Ryoji Takabe) 新宮 和周(Kazunori Shingu)

要旨：

人工地盤を用いた街作りは、狭小な都市空間を活用する有効な都市施策の一つであり、さまざまな開発が行われるようになった。川崎製鉄では数件の人工地盤開発を手がけてきたが、遊水池上での卸売団地整備が代表的事例としてあげられる。ここでは鋼製の人工地盤構造を採用したが、そのメリットは以下のとおりである。(1) 個々の部材が軽く、構造全体の軽量化が図れる。(2) 柔構造とすることにより、十分な変形性能を確保できる。(3) 部材のプレファブ化により、現地施工期間を短縮できる。また、本構造とすることにより、施工中でも洪水調節機能を阻害しない工法の採用が可能となる。

Synopsis：

Urban developments using super platform structure have progressed because the structure is an efficient measures for developing urban area suffering from its limited utilization. Kawasaki Steel has made some areal developments using the structure. In particular, construction of wholesale housing complex built on an existing flood-regulating reservoir is a typical one. The merits of using a steel super platform structure are as follows: (1) Total weight can be reduced because each member is light; (2) deformation capacity is excellent because the structure is flexible; (3) construction period can be shortened by using pre-fabricated members. Moreover, the construction method maintains the function of flood control during construction.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Design and Construction of a Super Platform Structure Made of Steel



三好 弘高
Hiroataka Miyoshi
エンジニアリング事業
本部 建設事業部土木
技術部 主査(部長)



高部 良二
Ryoji Takabe
エンジニアリング事業
本部 建設事業部土木
技術部 主査(部長補)



新宮 和周
Kazunori Shingu
エンジニアリング事業
本部 建設事業部土木
技術部

要旨

人工地盤を用いた街作りは、狭小な都市空間を活用する有効な都市施策の一つであり、さまざまな開発が行われるようになった。川崎製鉄では数件の人工地盤開発を手がけてきたが、遊水池上での卸売団地整備が代表的事例としてあげられる。ここでは鋼製の人工地盤構造を採用したが、そのメリットは以下のとおりである。(1) 個々の部材が軽く、構造全体の軽量化が図れる。(2) 柔構造とすることにより、十分な変形性能を確保できる。(3) 部材のプレファブ化により、現地施工期間を短縮できる。また、木構造とすることにより、施工中でも洪水調節機能を阻害しない工法の採用が可能となる。

Synopsis:

Urban developments using super platform structure have progressed because the structure is an efficient measures for developing urban area suffering from its limited utilization. Kawasaki Steel has made some areal developments using the structure. In particular, construction of wholesale housing complex built on an existing flood-regulating reservoir is a typical one. The merits of using a steel super platform structure are as follows: (1) Total weight can be reduced because each member is light; (2) deformation capacity is excellent because the structure is flexible; (3) construction period can be shortened by using pre-fabricated members. Moreover, the construction method maintains the function of flood control during construction.

1 はじめに

ここ数年来「人工地盤」という概念を用いた街づくりが、国内各地で見受けられるようになった。人工地盤とは、その下部空間の機能を生かしながら、上部空間を有効に活用するものであり、狭小な都市空間においてその採用は、低・未利用の土地を高度利用する効果的な都市施策である。

本論文では、当社が実施した開発事例の概要を述べ、その中でも先駆的な開発である国内初の遊水池上における人工地盤開発を取り上げ、設計・施工上の特色を述べるものである。

2 鋼製人工地盤の開発事例

2.1 遊水池上空の活用(埼玉県南卸売団地)

大規模面開発にともない整備される洪水調整池や遊水池は、これまでその洪水調節機能の保全が最優先され、複合的な利用は行われてこなかった。しかしながら、都市部・都市近郊部における慢性的な土地不足といった社会情勢のもと、調整池の多目的利用が促進されつつあるが、その利用方法は調整池の満水時に池底部分をテニスコートやグラウンドとして使用する程度のものであった。

埼玉県南卸売団地協同組合では、1983年にオープンした卸売団地を拡張するための用地として、同団地組合が所有していた洪水調整池に着目し、人工地盤開発を進めたものである。Photo 1に卸売団地の全景を示すが、本開発は洪水調整池上空に約4.5haの人工地盤を築き、卸売団地の事務所・倉庫を整備するという、国内初の大規模人工地盤による調整池の多目的利用手法である。本事例については、3章で詳細を述べるものとする。

2.2 線路上空の利用(新宿駅南口開発)

都市部を走る鉄道線路上空空間は、線路で分断される街を一体的に整備するためのスペースとして有効に活用することが可能である。しかし、線路上空に人工地盤を構築するための、近接した作業スペースを十分に確保することが困難であることが多く、また列車を通常どおり安全に運行させることが必要であるため、その施工方法が重要な課題となる。

川崎製鉄では、地上に大きな作業スペースをとれない場所で人工地盤を構築する際に、特殊なワゴンを用いて短工期で効率よく施工することが可能な「リフターワゴン工法」を開発し、新宿駅南口開発工事にともなう人工地盤建設工事において実用化した(Photo 2)。

本工法の特徴は、以下のとおりである。

- (1) ワゴンが自ら構築する人工地盤上をレールに沿って移動するため、周囲に大きな作業スペースを必要としない。
- (2) レール上でワゴンを支える支承部に、ワゴンのレベル調節可

* 平成7年11月27日原稿受付

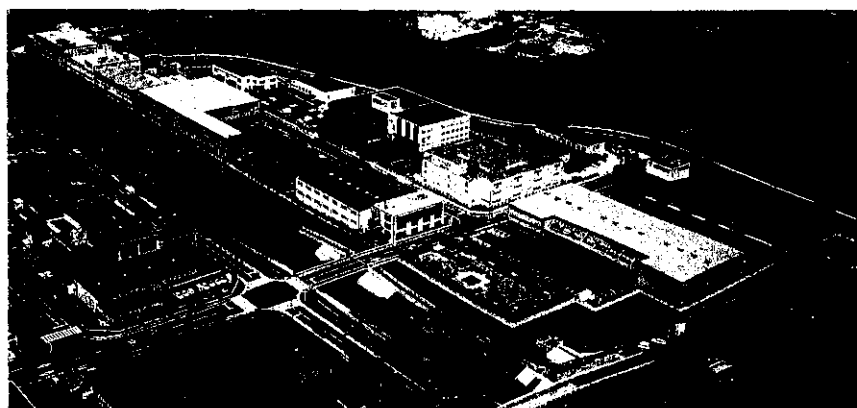


Photo 1 Ohmiya super platform structure

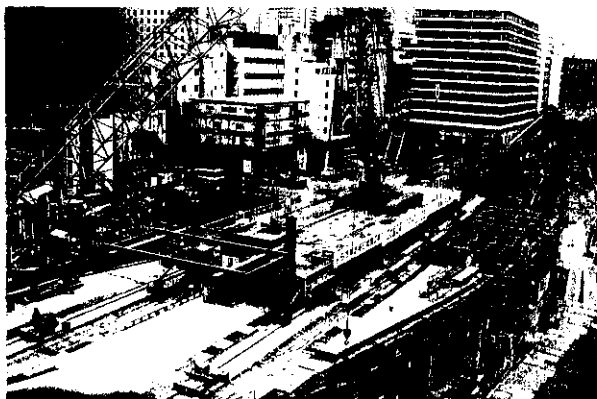


Photo 2 Lifter wagon method

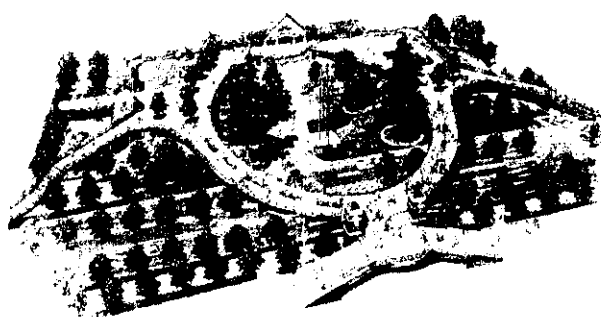


Fig. 1 Pedestrian deck

能なりフターが設置されており、クレーンの作業面の水平性を保つことができるため、安全な施工が可能である。

- (3) 施工に必要な資機材は、ワゴンの走行レールと同じ軌道上を移動する搬送台車によって、ワゴン後方から搬送され、効率的な施工が可能である。

2.3 駅前広場の整備（倉敷市）

駅前広場の整備においては、ペDESTリアンデッキを用いて、その下部空間をバスターミナルや駐車場として、上部空間を自由通路として利用し、人車分離を図る手法が広く用いられている。本手法は鋼製人工地盤の適用例として代表的なものであり、Fig. 1 に示す岡山県での事例など製作・施工実績が数多い。構造としては橋梁構造物として取り扱われるが、ストリートファニチャーなどと組み合わせた景観設計が、重要なポイントとなる。

2.4 山岳道路の拡幅（兵庫県）

山岳道路を拡幅する場合、従来工法では切土・盛土が大量に発生することや、切土・盛土面が急斜面になり、安定が悪いという問題があった。そこで、Fig. 2 に示すような人工地盤形式の構造で道路を拡幅することとした。本工法の特徴は以下のとおりである。

- (1) 構造形式は、鋼管杭を4~6m ピッチに打設し、杭頭部に桁を格点式で剛結した後、その上にI形鋼格子床版を架設してコンクリート打設・舗装を行う。
- (2) 下部工と併行して桁・床版を工場製作するため、現地での工

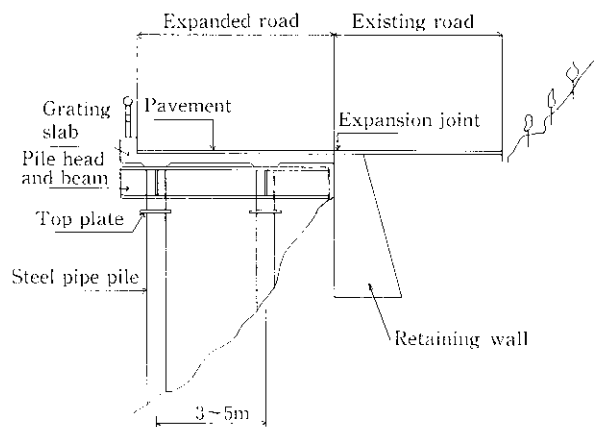


Fig. 2 Typical section of the expanded road

事を少なくし、工期短縮が可能である。

- (3) 既設交通の阻害を最小限に抑えることが可能である。

本構造の上部工は、非合成桁橋として道路橋示方書Ⅱ鋼橋編、鋼道路橋設計便覧に基づき、下部工は道路橋示方書Ⅳ下部構造編、V耐震設計編、杭基礎便覧に基づき設計する。本工法はPhoto 3 に示す兵庫県での実施例など、数件の施工実績がある。

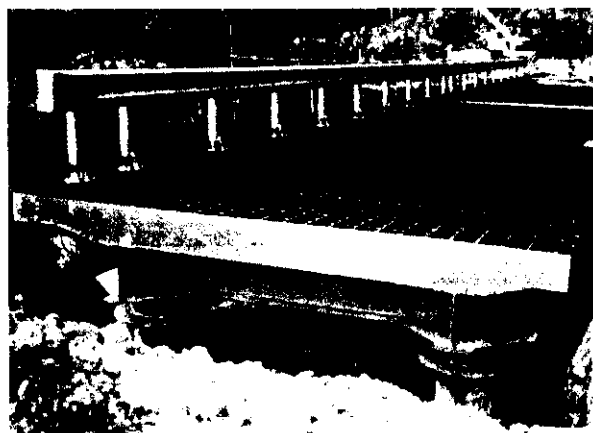


Photo 3 Expanded road

3 遊水池上空を利用した鋼製人工地盤

3.1 開発計画

本開発における開発諸元を Table 1 に示すが、人工地盤上には 13 のテナント敷地と公共用地として道路・公園を整備する。また人工地盤の下部空間は調整池としての使用に限定し、その他の目的には使わないこととした。したがって、池の周囲にはフェンスを巡らし、通常池内には人が入れないようにした。池底面は排水効率を考慮して全面コンクリート舗装を行い、中央部に排水路を設けた。

Table 1 Major quantities for the construction of Ohmiya super platform structure

Area of super platform structure		
Tenants	(m ²)	37 114
Road	(m ²)	6 081
Park	(m ²)	1 805
Total	(m ²)	45 000
Improvement of reservoir bottom (gutter, landscaping)	(m ²)	59 694
No. of steel pipe pile (φ508~800mm)		1 583 (9 186 t)
Steel pile head and beam (weather proof steel)	(t)	5 036
Concrete (RC slab)	(m ³)	12 000

本開発においては、調整池の洪水調整機能を開発後においても、またその施工中においても従前と変わりなく確保することが最大の開発条件であり、以下に述べる構造計画や施工上の特徴となっている。

3.2 設計

3.2.1 構造概要と特徴

今回の人工地盤の構造を Fig. 3 に模式的に示す。人工地盤の構築方法は、池内に所定間隔（約 6 m）で鋼管杭を打ち込み、格点・桁を架設後コンクリート床版を打設し、人工地盤とするものである。人工地盤下部の土質の例を Fig. 4 に示す。この土質柱状図に示されるように、調整池はその全面にわたって地表面（池底地盤面）から約 -20 m までが N 値 0、 q_u 値 0.4 程度の軟弱なシルト層、-20 m ~ -30 m は N 値 20~50 の砂層と粘性土の互層となっている。池全体で 40 本あまりのボーリング調査を行い、これらを確認している。基礎杭は N 値 40 以上の砂層を支持層とし、4D（D：杭外径）以上打ち込まれる。杭径は φ 508~800 mm、ボーリング調査および載荷試験等から得られた杭長は平均約 37 m となった。

また、建築基準法、都市計画法に準拠するためには“一敷地一建築物”という大原則を遵守する必要があるため、各テナント敷地、道路および公園の人工地盤構造体はそれぞれ独立した構造体とし、境界部においてエキスパンションジョイントを設けた。各構造体の間隔

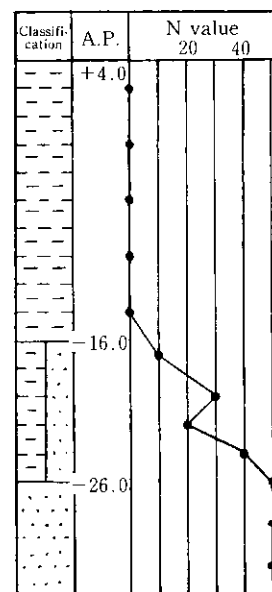


Fig. 4 Soil profile

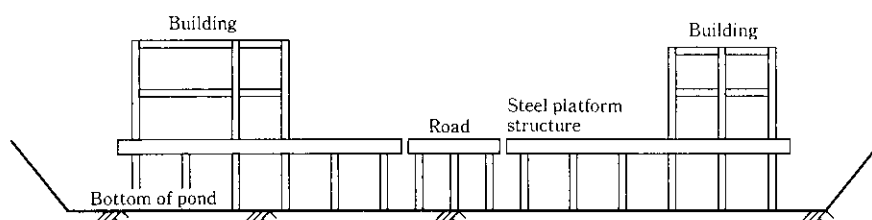


Fig. 3 Typical section of the platform

は、地震波を入力した動的応答解析の結果より 120 mm とし、道路部から各テナント敷地部への入り口となるジョイント部には、この 120 mm の振幅を吸収する特殊構造のグレーチングを開発・採用した。

3.2.2 鋼構造の採用

今回の人工地盤構造は、開発の要件である「人工地盤の完成後のみならず、施工中でも洪水調節機能を阻害しない工法が可能な構造」を満足するため、以下に示すように鋼構造を採用した。

- (1) 洪水の可能性が常時ある調整池の中で、長期にわたる閉め切りまたは止水を考慮することは非常に困難がつきまとう。基礎杭は、洪水時は杭打機などの施工機械が池外へ退避すれば構造体に対する養生を考慮する必要がないという観点から、鋼管杭を使用することとした。
- (2) 人工地盤本体は、通常の建築構造に見られる地中梁、フーチングやブレースを用いず鋼管杭を地上に突出させ、人工地盤の梁と直結するラーメン構造とした。これは港湾の栈橋に見られる構造形式である。これによって、後述の施工中の洪水調節機能を維持しうる工法の採用が可能となっている。
- (3) 上記港湾の栈橋構造を建築物に採用することは、初めての試みであり、地盤も軟弱であることから、できるだけ全体の重量を軽くする必要があった。この構造をコンクリート製とするとトップヘビーな構造となるため、鋼製の構造とし、全体重量を軽くするとともに、変形性能を可能な限り大きくとることとした。

上述のように、鋼管杭が地上に突出する構造を採用したことにより、さまざまなメリットが得られたが、一方では防錆対策が課題となった。この点を解決するために過去の洪水状況を調査し、河川の高水位以上洪水することは年に 1～2 回程度であることを確認した。したがって対策として、池底から河川高水位までの部分および地下水位までの部分を防錆の対象とした。すなわち、調整池の洪水により水と空気に交互に曝される基礎杭上部（地表面上 3 m、地下 4 m の計 7 m）には KPP（ポリエチレン被覆鋼管杭）を用いることとした。さらにその上部にある桁および格点部の鋼材はリバーテン（耐錆性鋼材）を使用し、また KPP 杭と耐候性鋼の接続部には、溶接施工後にポリエチレン製のシュリンクチューブを巻き付け防錆処置を施し、メンテナンスフリー化を図った。

3.2.3 人工地盤上部建屋との接続

本開発においては、人工地盤上に整備される事務所・倉庫建屋は、

人工地盤と一体となった建築物として建築確認を取得している。ここでは上屋の柱は杭上に剛結された格点を介在し、人工地盤基礎杭と直結させる構造とした。Fig. 5 に杭・柱接合部の構造を示す。このような人工地盤構造においては耐震安全性の検証が重要な検討項目であるが、静的および動的な土質試験、現場における実大杭を用いた水平荷重試験の実施に加え動的応答解析を行い、通常建築基準法で要求される以上の変形性能を有することを確認した。

3.3 人工地盤の施工

3.3.1 水上施工法の採用

前述のように本人工地盤においては、完成後のみならず施工中も調整池としての機能を阻害しないことが大前提であった。そこで工程計画を立てるにあたって、深作用（調整池に隣接する一級河川）の水位データを過去数年にわたって入手し、水位変化の様子を Fig. 6 のようにまとめた。これによると、越流堤を越えて（レベル AP+6.335 以上）調整池内に浸水する頻度が平均 3 回／年、時期的には秋の台風や秋雨前線の活動が活発な時期に集中すると予想された。調整池の構造上、調整池内が冠水すると 2 週間程度の排水期間が必要であり、洪水期間中は延べ 1 箇月程度の工事中断が懸念された。また前述のように現場の地盤は非常に軟弱であり、通常考えられる施工法である池底から施工重機により杭打・桁架設を行う工法（以下通常工法）を行うには、施工に先立ち大規模な地盤改良工事が必要であると判断した。これらを解決する方法として水上施工が可能で、調整池の洪水の影響を受けない、また池底での重機作業不要な STEP 工法^{1)~3)} (Photo 4) を採用することとした。しかし施工エリア全体を見ると、その大部分の施工時期は洪水時期をはずれていることや、STEP 工法のみでは工期内の完工が困難なことから、

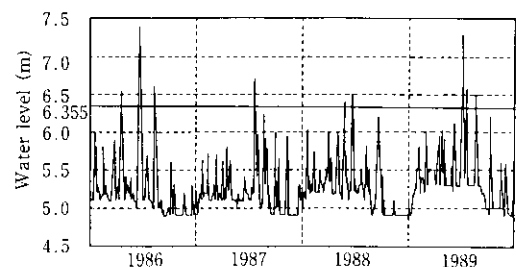


Fig. 6 Alteration of water level in Fukasaku River

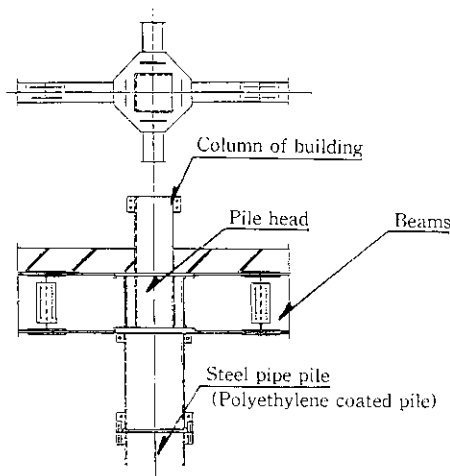


Fig. 5 Joint of pile head

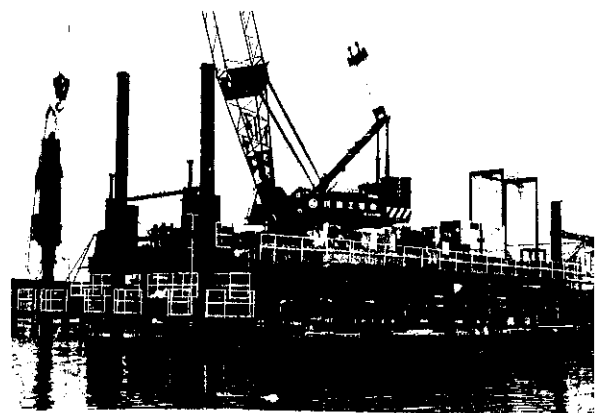


Photo 4 STEP method over the flood-regulating reservoir

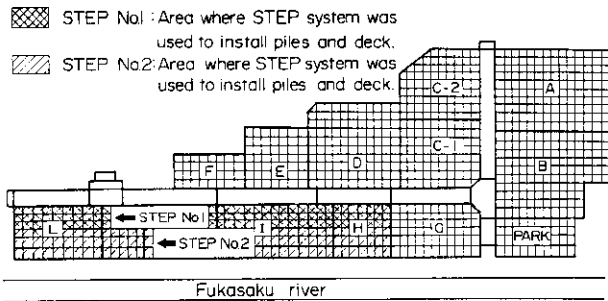


Fig. 7 Construction area with STEP method

施工順序・時期や特に地盤が軟弱なエリアを考慮して、Fig. 7に示すように全体の約3割の工区について2機のSTEP装置を用い、残りの部分を通常工法で施工することとした。

3.3.2 施工法の比較

人工地盤を構築するにあたっての施工上の大きな課題の一つは、杭打施工の平面誤差をいかに吸収して精度良く土屋柱を建てるかということであった。通常の杭打においては±50 mm程度の平面誤差が生ずるが、この課題に対して前述の2工法においてそれぞれ異なった対策を講じた。Fig. 8に各工法の施工フローを示すが、以下に各工法における杭打施工誤差吸収方法の特徴をまとめる。

(1) 通常工法

本工法の施工フローは、所定の範囲の杭打をまとめて行った後、一本ずつ格点を取り付け人工地盤の桁架設を行うものである(Photo 5)。杭～格点の接合部は溶接によって剛結するが、取付にあたってはエレクションピースを用い、正確な位置出しを行った。杭打施工誤差については、杭打後杭芯の正規位置からのズレを測量し、そのデータを格点製作工場へフィードバックし、杭芯誤差を調整した格点を現場に搬入架設する手法を採用した。このため現場では杭打後約1～2週間程度の手待ちが生ずることとなった。

(2) STEP工法

本工法の施工フローは、隣接する3本の杭打を行い、杭3本分の格点・桁をプレファブ化して架設し(Photo 6)、その自らが構築した人工地盤フレームの上にSTEP装置が移動し、次の列の杭打および格点・桁架設を繰り返していくものである。杭打においては、STEP装置に付随するパイルホルダーによ

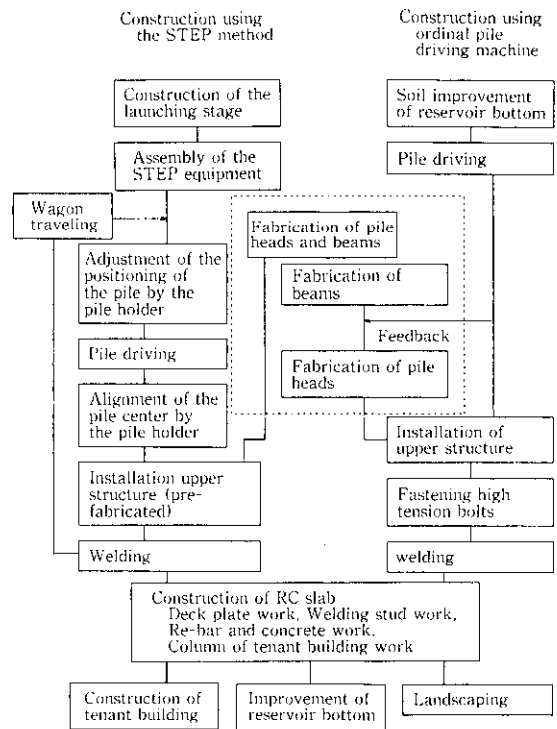


Fig. 8 Construction flow chart



Photo 5 Installation of pile heads by ordinary method



Photo 6 Installation of prefabricated pile heads by STEP method

り杭の位置決めを行い、打設中も杭を保持することにより ± 30 mm以内という高い精度の杭打を行えるようにした。また格点・桁の架設時には杭位置の微調整を行うための矯正機能が付加されており、杭打データを待つことなく格点の製作を進めることができるばかりでなく、上述のプレファブ化施工が可能となり、工期短縮に貢献した。杭位置の矯正に伴う残留応力については、 ± 50 mmまでの矯正を想定した誤差矯正試験を現地にて施工前に実施し残留応力の経時変化を観測し、設計に反映させた。鋼材は部材一本一本が比較的軽く、かつ柔軟性があるために、このような施工上の工夫が可能になった。

4 おわりに

本論文では、鋼製人工地盤の設計・施工について遊水池上の開発事例をとりあげ、その特徴を紹介したが、人工地盤の設計・施工を特徴づける鋼構造のメリットをまとめると、以下のとおりである。

(1) コンクリート部材に比べ各部材の重量が小さく、構造物の軽

量化が図れる。

(2) じん性に富み、柔軟な構造となる。

(3) プレファブ化施工が可能であり、現地施工期間を短縮できる。

施工期間の短縮については、水上工法の採用と鋼構造のメリットを生かしたプレファブ化施工の導入により、杭打開始から約14箇月という短期間で人工地盤を構築し、引き続き人工地盤上部の建屋工事を進めることができた。

1995年1月の阪神地区の大震災により、土木・建築構造物の耐震性が改めて問われている。耐震性能に関しては、本人工地盤は建築基準法以上の変形性能を有することが確認されており、鋼構造のメリットを生かした人工地盤が耐震問題解決の一助となるべく今後も研究を重ねていく所存である。

最後に、ここで紹介した各事業の遂行にあたり、また本論文の作成にあたり、懇切なるご指導と多大なるご協力をいただいた関係者の皆様方に、深く感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 三好弘高，泉 祐司，幕田徹夫：「人工地盤の構築による洪水調整池の高度利用」，川崎製鉄技報，25(1993)3，174-178
- 2) 榊 豊和，三好弘高，高部良二：「調整池上における人工地盤構築工事～STEP工法による杭打工事～」，建設の機械化，No.510(1992)，11-19
- 3) 福若雅一，土肥宏一郎，新宮和周，尾関史洋：「埼玉県南卸売団地人工地盤構築工事におけるSTEP工法」，基礎工，No.230(1992)，42-50
- 4) 土肥宏一郎，新宮和周，尾関史洋：「人工地盤構築におけるSTEP工法適用例」，土木学会第47回年次講演会講演集，第6部，VI-187(1992)，396-397