

# 農業用水管の急曲線泥濃式推進工法による改修

堀米 大樹<sup>1</sup>

<sup>1</sup>近畿農政局 紀伊平野農業水利事業建設所 工事第一課 (〒649-6228和歌山県岩出市大町41-1)

平成25年度に和歌山県海南市において農業用用水路を改修した山田ダム水路（山東支線）海南工区その3改修工事は、平面線形での曲線箇所が5箇所あり、最小曲線半径R=30m という急曲線での線形であるとともに、埋設する市道の両脇が民地に挟まれていること、推進始点から188m地点で現況水路と交差することから、確実な精度管理が要求される工事であった。また、推進工施工期間が年末年始の休業を挟むことが避けられなかったため、作業休止期間中の推進力の増加を抑えるために、休日中に滑材、泥水の注入作業を行うか判断を要した。本稿では、このような現場条件での急曲線推進工事の課題とその対応について報告する。

キーワード 泥濃式推進工法、急曲線、施工、推進力、推力低減装置、分割回収

## 1. 事業概要

国営農業用水再編対策事業（大和紀伊平野地区）は、奈良県の北西部に位置する奈良市他9市11町村（20市町村）からなる大和平野と和歌山県の北部に位置する和歌山市他5市2町（7市町）からなる紀伊平野の両平野にまたがる農地面積約13,400haを受益地としている。

本地区の農業水利施設は、十津川・紀の川総合開発事業の一環として、国営十津川紀の川かんがい排水事業（昭和25年度～昭和59年度）及び関連事業により造成された。その後、国営紀の川施設整備事業（昭和58年度～平成5年度）、国営第二十津川紀の川かんがい排水事業（平成11年度～平成20年度）により、改修・整備を実施してきているものの、未だ改修を行っていない農業水利施設は、築造後40年～50年を経過していることから老朽化等による性能低下が目立ち、早急な対応が望まれている。また、近年の営農形態の変化や都市化の進展に伴う農地面積の減少等により、農業用水の需要に変化が生じてきている。

そこで、本地区ではこれら機能低下した農業水利施設の整備を行い、農業用水の安定供給と適正利用を図るとともに、その結果生み出される余剰水を地域の上水道に転用し、地域の水資源の有効活用に資するものである。

## 2. 工事概要

改修対象施設の山田ダム水路（山東支線）は和歌山県海南市に位置し昭和37～38年に十津川・紀の川総合開発事業の一環として造成された水路であり、山田ダム水路（左岸）約3.9km地点の分水工を始点とした延長約2.3km水路である。築造後の年月の経過により老朽化が進行するとともに、営農体系の変化や宅地化等の周辺状況の変

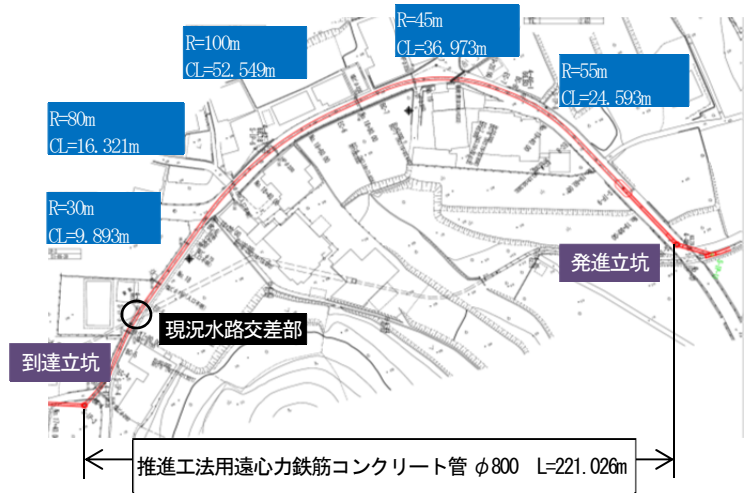


図-1 推進工事平面図

化を受け、平成17年より改修を行っている。

本稿で取り上げる紀伊平野山田ダム水路（山東支線）海南工区その3改修工事は、山東支線始点より約1.4km地点に位置する。周辺状況の変化により、現況路線上部には民家、樹園地等があり、同路線での改修は困難であったため、路線を変更し公共用地下（海南市道）に埋設する計画とした。路線変更の結果、平面線形での曲線箇所が5箇所あり、最下流の曲線箇所は上流とは逆方向に屈曲、かつ曲線半径R=30mという急曲線での線形となった（図-1）。埋設する海南市道は両脇を民地に挟まれているとともに、推進始点から188m地点で現況水路と交差することから、確実な精度管理が要求される工事であった。また、推進工施工期間が年末年始の休業を挟むことが避けられなかったため、作業休止期間中の推進力の増加を抑えるために、休日中に滑材、泥水の注入作業を行うか判断を要した。

### 3. 工法概要

#### (1) 工法選定

水路の改修工法については、開削工法、シールド工法、推進工法が考えられたが、最大掘削深が7m程度と深く、埋設路線の両脇に家屋があることから開削工法での改修は不適と判断した。また、シールド工法では改修管径φ800mmでの施工が不可能なことから、施工性、経済性、安全面を総合的に判断し推進工法を採用した。

推進工法における到達立坑の設置計画位置が桃の樹園地で、工事のために必要となる桃の伐採範囲を最小限にすることが求められた。伐採範囲の縮小には到達立坑の縮小が不可欠であり、その為には掘進機械を到達立坑から分割回収する必要があるため、推進工法の選定においては、各推進工法における対応管径、曲線半径、土質条件に加えて分割回収の可否についても選定条件とした(表-1)。施工条件に対応可能な工法を比較し、選定条件に合致し、最も経済的な泥濃式推進工法を採用した。

表-1 推工法選定比較表

工法	施工口径 φ800	最小曲線半径 R30	一軸圧縮強度 5Mpa	分割回収	経済性	判定
泥濃式	○	○	○	○	○	○
泥水式	○	○	○	×	—	×
土圧式	○	○	○	○	△	×

#### (2) 泥濃式推進工法概要

泥濃式推進工法は切羽と隔壁間のカタチャンバ内を掘削土砂と高濃度泥水とを攪拌混合した泥土で満たし、切羽面に作用する土圧及び水圧に見合う圧力に泥土の圧力を保持することにより切羽の安定を図り、カタヘッドで掘削しながら立坑に設けた元押ジャッキの推進力により推進管を地中に圧入して管渠を構築する工法である。泥濃式推進工法の場合は、掘削土を掘進機内の排泥バルブ開閉により排出し、バキュームによる吸引で坑外に排出、処理することが可能であるとともに、掘削土中に混ざる礫を掘削機内に取込み、人力によって運搬、搬出することも可能である。泥濃式推進工法概要図を図-2に示す。本工区では泥濃式推進工法の中でも、アパッチ工法による施工を行った。

#### (3) 推力低減装置導入の検討

本工事は曲線箇所が多く曲線半径が急曲線であるため推進力の増大が懸念されたことから、推力低減装置の導入について検討した。推進工法用設計積算要領に基づく推力計算を行った結果、総推進力が3,114kNとなり、圧縮強度70N/mm<sup>2</sup>の推進工法用鉄筋コンクリート管(以下推進管)における許容耐力3,091 kNを上回った。この推進力で施工するには圧縮強度90N/mm<sup>2</sup>の推進管が必要となるが、その場合に有効な推力伝達材が商品化されていないため施工できないことから、推進抵抗力を低減させるため推力低減装置を導入することとした。本工事で

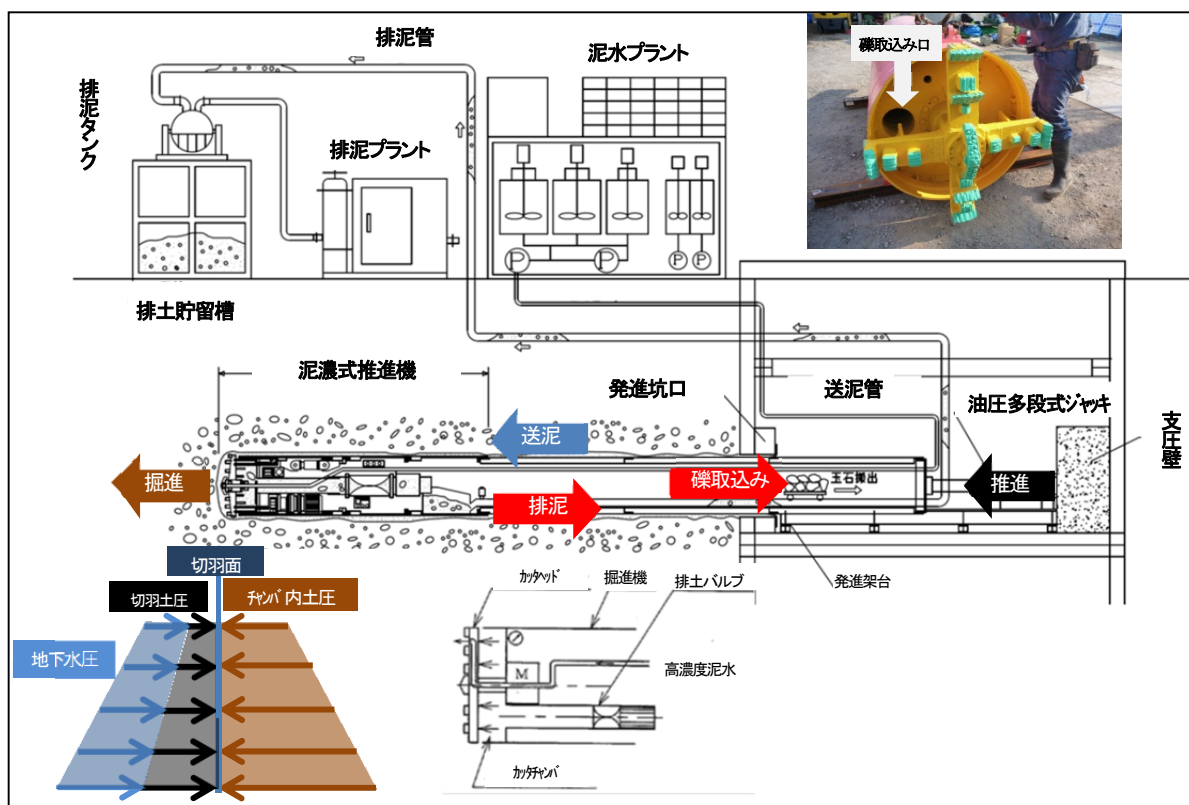


図-2 泥濃式推進工法概要図

導入されたアパッチ工法に併設される推力低減装置 (JET\_ONEシステム)により、総推進力を1,438.5KNに押さえることができたため、圧縮強度50N/mm<sup>2</sup>の推進管における許容耐荷力2,296KNを下回り、最安価な推進管で施工することができた。

(3) 推力低減装置

JET\_ONEシステムはジャッキスピード(掘削量)に応じた二次滑材の注入を行い、掘進に伴って発生するテールボイド(地山と推進管との間隔)に、強度と止水効果のある固結型滑材(一次滑材)を掘進機後部より注入し、更にその後方50m間隔で設置した注入管より一次滑材と推進管の間隔に粒状滑材(二次滑材)を同時注入し、推進管の周囲に二層の滑材層を形成することで、外面抵抗力を低減させるものである。滑材を注入したテールボイド構造概念図を図-3に示す。

(4) GPS電磁波誘導測量装置

アパッチ工法では到達立坑への確実な到達を図るため、GPS電磁波誘導測量装置(ネオジャスト・システム)を使用する。ネオジャスト・システムは掘進機にコイルを装着し、受信コイルを到達立坑内の計画位置

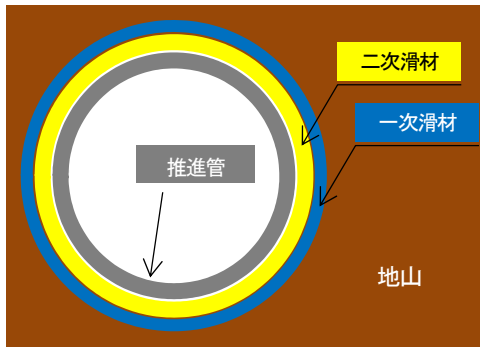


図-3 テールボイド構造概念図

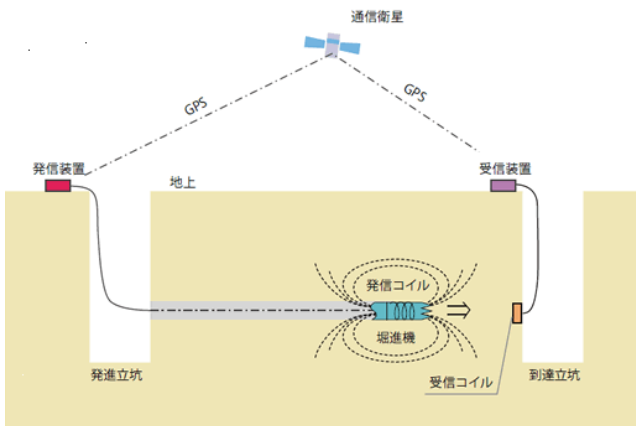


図-4 ネオジャスト・システム概要図

へ取付け、掘進機から発せられる電磁波の磁力線の方向と強度を測定し、掘進機の向いている方向を測定するもので、地中にある障害物の影響を受けず掘進機のみを検出できる。受信した情報はリアルタイムで掘進機内のオペレータに伝送されるので、掘進中に位置情報を把握することが可能である。ネオジャスト・システム概要図を図-4に示す。

4. 施工時の課題と対応

(1) 計画推進力と実施推進力

本工事は非灌漑期の工事で推進工事の開始時期が山田ダム水路の通水終了後に限られたため、工程上推進工事が年末年始をまたぐことがやむを得ない状況であり、この期間に推進作業が中断し泥水の充填、掘進作業がなされない期間が続くと、滑材による推力低減機能が低下することが予想された。発進立坑の設置位置は集落の生活道であるとともに、立坑の直近には民家があることから、年末年始は完全休業とすることが望ましく、作業休止期間中の推進力の増加を抑えるために、滑材、泥水の注入作業を行うか、計画推進力と実施推進力の推移を比較し判断することとした。

本工区の実施推進力は図-5に示す通り計画推進力を下回る値で推移していたが、推進開始から43m付近で地山の変化から日掘進量が低下し推進力が210KN増大した。このときの推進力増加量を目安とし、平成25年内の推進作業終了予定である平成25年12月27日の実施推進力が計画推進力を210KN以上下回っていれば、年末年始期間に休業することとした。

12月27日時点(83m付近)の実施推進力は543KNで、計画推進力の830KNを目安とした推進力増加量210KN以上下回っていたため、年末年始期間は休業することとした。年明けの作業再開時の推進力は700KNと作業休止時に比べて157KN増大したものの計画推進力を下回り、その後計画推進力を下回る値で推移し到達した。

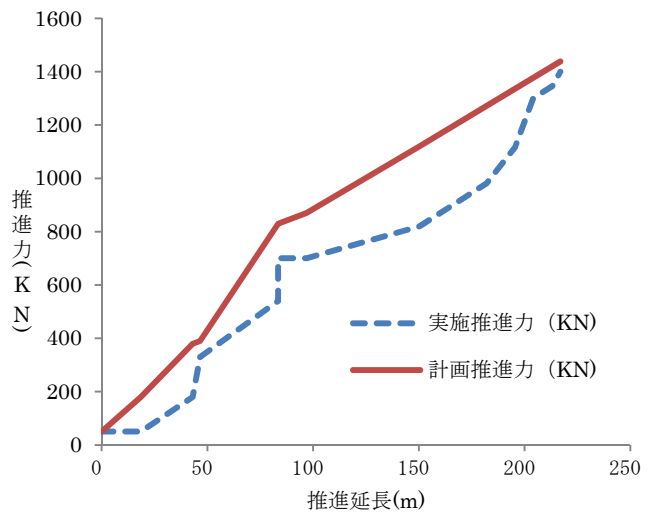


図-5 計画・実施推進力の推移

(2) 現況水路の横断

本工区は改修水路の現況路線から路線変更して推進を行うため、推進施工始点から 188m 地点で現況水路との交差が発生する。現況水路を避けるため、下越しすると新設管路がサイホン構造になってしまうことから、水路勾配、敷高を変更することは現実的ではない。そのため、交差に先立ち旧水路を撤去する必要がある。現況水路の撤去については、交差部直近に家屋があることや、管を新設する公共用地（海南市道）の両脇が家屋であることから、掘削作業が制限された。また、埋設する道路に加えて周辺道路も狭小であり大型機械が進入できず、矢板の打設が不可能なためライナープレートでの撤去とした。現況水路の撤去はライナープレートの設置範囲に限られることから、掘進機が計画路線から外れてしまうと、未撤去区間に当たり推進不可能となる。更に、停止した場合には地上部から掘削し回収することが不可能であることから、設計路線上での確実な推進が必要であった。そこで、本来は到達立坑で使用するネオジャスト・システムを交差部にて使用し、交差部での確実な推進を図ることとした。現況水路交差部の平面図を図-6に示す。

現況水路の交差地点は推進始点から 4 番目の曲線（CL4）開始地点に位置しているため、CL4 の曲線開始前の直線区間に到達した時点から、ネオジャスト・システムの計測を開始した。直線区間到達時点での管内測量データでは、計画路線との中心線のズレが左 20mm と高精度で推進していたことから、ネオジャスト・システムの導入によって、現況水路交差部まで同精度での推進を試みた。その結果、現況水路交差部を無事に通過し、その時点での管内測量結果で、計画路線との中心線のズレ右 25mm にて推進することができた。

5. 総括

本工事は急曲線推進工事かつ現況水路との交差という施工上の障害があり、計画路線上での確実な推進が求められたが無事完了することができた。

推進工法における精度管理は、推進管を 1 本推進し終えた段階で管内測量を実施し、その成果を受けオペレータが方向修正を行う。その為、推進作業中に推進機の位置を把握することができない。GPS 電磁波誘導装置はリアルタイムで推進機の方角計測が可能なので、管内測量と併せて中心線のズレを低減することが期待できるのと考えられる。

計画推進力と実施推進力は現場毎に異なるため、推進施工においては、実施推進力の推移を計画推進力と比較するとともに、排泥土質の状況及び滑材の注入量を常に監視し、推進力増大の変化を予測することが重要であると考えられる。

推進工事開始から 43m 付近で当初想定していたよりも硬質な地盤に直面し推進工事の遅延が発生したが、岩盤が掘進機の礫取込み口での取込み可能な大きさまで破碎されたことで無事に通過することができた。泥濃式推進工法は先頭で掘削礫をカットで粉碎すること無く取り込むことが可能であるため、今回の様な不足の事態にも対応できたものと考えられる。地質条件の想定が困難な施工箇所について泥濃式推進工法は有効な工法であると考えられる。

近畿農政局における急曲線推進工法の事例は少ないが、今後は施設周辺状況の変化から施工機会が増加するものと思われる。その中で、本稿が工事実施の際の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) アパッチ工法協会：設計積算要領, pp. 1-5, 2013
- 2) 日本推進技術協会：推進工法用設計積算要領 泥濃推進工法編, pp. 2-3, 23, 2013

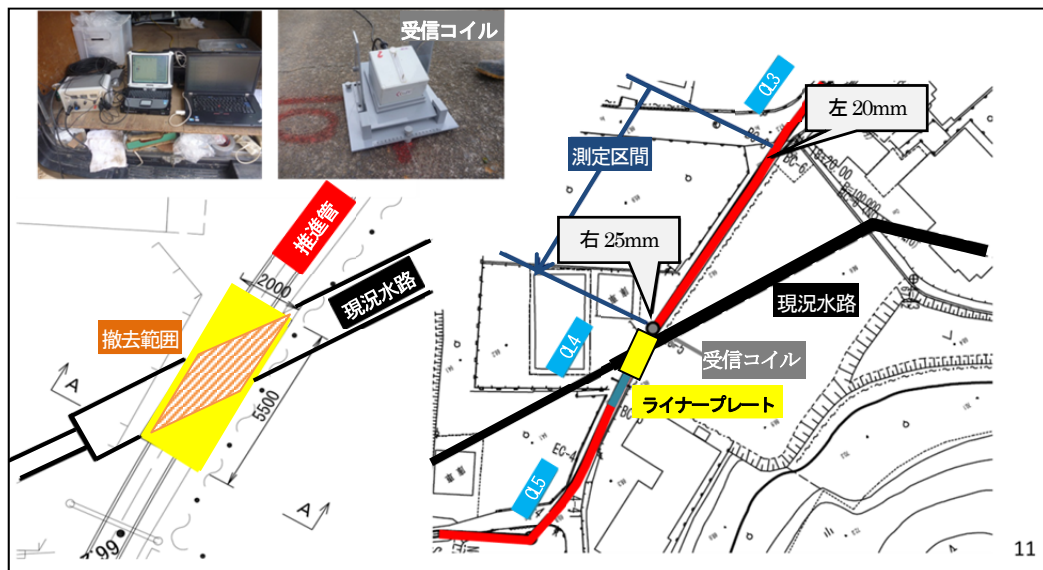


図-6 現況水路交差部平面図