

無水掘工法（副題：ロックアンカー工、ロックボルト工 における削孔システム）

JOS システム研究会 事務局 〇北宅憲太郎
オーナーシステム株式会社 技術開発室 永見博希

1. はじめに

グラウンドアンカー工法の削孔システムにおいて最も一般的な工法は、ロータリーパーカッション式泥水掘二重管工法である。しかしながら、この工法では、アンカーの必要な不安定斜面に大量の削孔水を注ぐことになり、人工的に災害を引き起こす事に繋がる可能性が指摘されている。またこの工法では、永久アンカーの命である設置地盤(定着層)の確認および地下水の動向把握が難しいとされている。そこで、開発者等は水を使う原因の解決方法を水の使用以外の方向に見出すことにより、設置地盤(定着層)の確認および地下水の動向把握が可能な「無水掘工法」の開発に至った。つまり、「無水掘工法」とは、ただ水を使用しないのではなく、自由長部圧密削孔により孔壁保持をしながら掘進し永久アンカーの命である設置地盤(定着層)の地質学的構成を把握確認し、アンカー長を決定しながら施工を行う工法である。また、地下水の動向を把握し、即座に適切な対応を行う工法である。さらに、この「無水掘工法」は、安全性向上、コスト縮減 34%、工期短縮 38%および環境対策など多くの副産物をもたらした先進的工法である。

今回は、具体的に現場を挙げながら説明するとともに、この新技術「無水掘工法」を核とした、様々な工法を紹介したい。

2. 無水掘工法について

2. 1. 無水掘り工法とは

「無水掘工法」が初めてフィールド事業として認められた現場が、下記の R9 夜久野日置地区法面防災(その 2)工事である。



図1. 京都府：R9 夜久野日置地区法面防災（その2）工事完成写真および断面図

孔し、岩盤であることを確認。周面摩擦抵抗値を軟岩から硬岩へ変更し削孔長の検討を行ったところ、全体として 35.0m 短くなった。

2. 2. 3. 調査ボーリングからやり直しとなった現場

本現場は大阪府柏原市に位置し道路改良工事として拡幅計画された現場である。当初設計において、ロックアンカー $\phi 135$ 、 $L=9.6\sim 15.1(\text{m})\times 34(\text{本})417.4(\text{m})$ であり、推定岩質は軟岩で定着長 4.5(m)～5.5(m) あった。ところが、ここの岩質が泥岩と確認できた為さぐり掘削を $L=32.0\text{m}$ 迄行ったが、泥岩層に変化はなかった。そこで施工を一時中止し基本試験したところ、設計荷重 100 t に対し 50% で引き抜けが確認出来た。再度調査ボーリングとなり、データー解析を行い、定着長を最大の 10.0(m) 確保、50 t/本とし、本数が 53(本)770.3(m)に変更になり施工を完了した。次年度からの継続工事において、アンカー材が SEEE から VSL に変更となった。

2. 3. 地下水の動向把握

地下水によるいたずらは、永久アンカーにおける最大の敵の一つである。被圧のかかった地下水が存在するところへアンカー体を設置するとセメントミルクが稀釈され、本来の周面摩擦抵抗値が期待できなくなるからである。従来工法においては、削孔水を使用するため、地下水の動向把握が困難であったが、「無水掘工法」においては地下水の動向把握が容易に可能となった。地下水対策として最も多く行っているのは、排水ボーリングである。排水ボーリングにより地下水の除去を行った後、アンカー工の施工を行っている。

3. 無水掘工法を核とした各種工法について

「無水掘工法」は、ロックアンカー工・ロックボルト工における削孔システムであるが、その汎用性・応用性は無限である。以下に、「無水掘工法」を核とした各種工法について、その一端を施工関連現場を挙げて紹介する。

3. 1. NSL ノンストップレーン工法



図4. 山口県：R2 勝谷防災工事

NSL ノンストップレーン工法とは、従来工法では、交通規制をかけなければ施工できないような現場においても、交通規制をかけずに(レーンをストップせずに)施工が可能となる工法である。これは、無水掘工法の特徴の一つである削孔用足場が 2m 幅という点を生かしたものである。図 4 の現場は、国道 2 号線に面しており、交通量が非常に多く、トンネル杭口ということもあり、交通規制はまったくかけられないという現場である。そこで、本工法が パイロット事業 として採択されたの

である (片側通行した場合停滞は 40 km にも及ぶ)。

3. 2. RC ロッククライミング工法

本工法は、今にも落ちてきそうな巨石の崩落対策工として、ロックアンカー・ロックボルトを待ち

受け型として岩盤に縫い付ける工法である。従来工法にて同様の作業を行うと、手元作業であるため危険である、硬岩削孔に不向きである、仮設費が甚大であるという問題点がある。しかしながら、「無水掘工法」を核とした RC ロック



図 5. 鳥取県：国道 29 号落折防災工事



図 6. 岩部拡大施工状況

クライミング工法では、図 5 のように、遠隔操作(50m離れたところから)が可能であり、硬岩削孔にも向いており、簡素な作業足場にて施工を行うことが出来る。このような現場は数多く存在するが、今まであまりにも危険があり、工費がかかりすぎる為対策が遅れている。本工法により、技術者の安全施工が可能となり、かつ従来よりも大幅なコスト削減を可能とした。

3. 3. CMP カンプリート工法

本工法は、「無水掘工法」の欠点であった粉塵被害の対策工法である。削孔口元に独自の吸引装置を取り付け自動集塵システムにより自動搬送削孔システムである。

図 7 は CMP カンプリート工法開発以前の写真である。図 8 は CMP カンプリート工法にて削孔を行っている写真である。この様に、「無水掘工法」の欠点であった粉塵被害



図 8. 大阪府：CMP カンプリート工法削孔状況



図 7. CMP カンプリート工法開発以前の削孔状況

は、CMP カンプリート工法を採用することにより、100%改善され現場の自然環境にも害をおよぼさなくなった。

3. 4. 垂直複数削孔工法

本工法は、鋼杭(ミニ抑止・土留杭)建て込み用の削孔を無水掘にて行う工法である。従来の工法では、大口径ボーリングマシンを用いなければ施工不可能であったが、本工法を用いることにより、狭い現場であっても、220kg という軽量マシンにて削孔が可能となった。削孔径φ300 まで対応可能である。図 9・10 は急傾斜地崩壊対策工事で立ち木を保全したままの削孔状況及び完了写真である。

現在 NETIS の資料に取り入れられている資料は、この現場のデータである。

京都府夜久野町の現地は、福知山市および兵庫県和田山町のほぼ中間点にあたり、丹後・但馬、山陰方面の大動脈である国道 9 号線に面している。法面はきわめて急傾斜であり、背後には山地が広がり、9 号線に落ち込んでいくような地形である。平成 4 年、ここに防災工事が行われた。本防災工事は法枠工が計画施工されており、法面としてはこの時点で完了となる予定であったが、切取工事中に崩壊が発生し、ロックアンカー工事の追加施工の必要が生じた。しかしながら、従来工法の泥水掘削では、2 次災害が懸念されるため、無水掘工法が検討された。

施工計画の段階では、当法面に破碎帯が走っており、湧水も 3 ヶ所程度確認できるということで、無水掘工法(ノーケーシング)で孔壁が保持できるか否か細部にわたり検討した結果、難工事ではあるが、「泥水掘は不適」ということで実施工へと踏み切ることとなった。

工事は安全かつ迅速な施工で順調に進み、無事完了した。予定工期に比べ実工期も大幅に短縮。結果的に工事予算の下方修正をも実現し、業界においてきわめて話題性の高い現場となった。

2. 2. 設置地盤(定着層)の地質構造の把握

「無水掘工法」にて施工を行う場合、定着層の確認を行いながら、削孔するため現場にてアンカー長が変更となる場合がある。本章では、アンカー長が変更となった現場を挙げて、解説を行う。

2. 2. 1. アンカー長が長くなった現場

本現場は、奈良県吉野郡川上村に位置し、大滝ダム建設による水位の増加に備え、防岸工事として計画された現場である。右の写真は施工中のものである。

当初設計において、ロックアンカー工φ115、 $L=7.0\sim 8.5(m)\times 98(本)749.5m$ であり、定着長 3.0m、設置地盤は軟岩層であった。しかしながら、両端において軟岩層を設計位置よりも深い位置で確認したため、監督官立会いのもと協議を行った。その結果、軟岩層確認後 3.0m 削孔することになったため、アンカー長は最長 $L=14.5m$ となった。

2. 2. 2. アンカー長が短くなった現場

本現場は、奈良県吉野郡十津川村に位置し、急傾斜地崩壊対策工事として計画された現場である。本工事の設計においてルートパイル工、φ115、 $L=5.0\sim 11.0(m)\times 120(本)858.5(m)$ であり、推定岩質は、レキ質土→軟岩であった。しかしながら、硬岩を確認したため、まずこの硬岩が転石で無いかどうか確認するため、深くまで削



図 2. 奈良県：大滝ダム対岸道路八幡平工区工事



図 3. 奈良県：十津川村奥里地区急傾斜地崩壊防止工事



図 9. 大阪府：垂直複数削孔工法施



図 10. 垂直複数削孔工完了 2 ヶ月

3. 5. 緑の斜面工法



図 11. 大阪府：緑の斜面工法施工状況



図 12. 緑の斜面工法施工完了 2 ヶ月後

本工法は、「無水掘工法」の長所の一つである，削孔機の小ささを活かした工法である．図 11・12 の様に，立木の伐採を行わずに施工し，元々あった木を残したまま，施工を完了させる．従来の工法では，施工法面は，真っ白のセメントになってしまっていたが，本工法では，緑を残し，景観を重視した仕上がりが可能である．本工法は地域住民の反応が非常に良く，RC 緑化吹付工法共々賛辞の言葉を多く頂いている．

3. 6. FFU 軽量型受圧板工法

本工法は，既成の FFU 軽量型受圧板と「無水掘工法」を組み合わせることにより，更なる安全性向上・仮設費削減・工期短縮を推進した工法である．この FFU 軽量型受圧板は人力にて設置可能であり，「無水掘工法」との相性が抜群である．図 13 の現場においては，その性格上，1.4mの足場しか組めなか



図 13. 和歌山県：FFU 軽量型受圧板工法施工状況

ったため、削孔機をさらに改造し、施工可能とした。受圧板もこの足場内で人力により設置を行った。結果、当初計画夜間作業 40 日工期をわずか 1 週間で完了した。

3. 7. RB アンカー工法

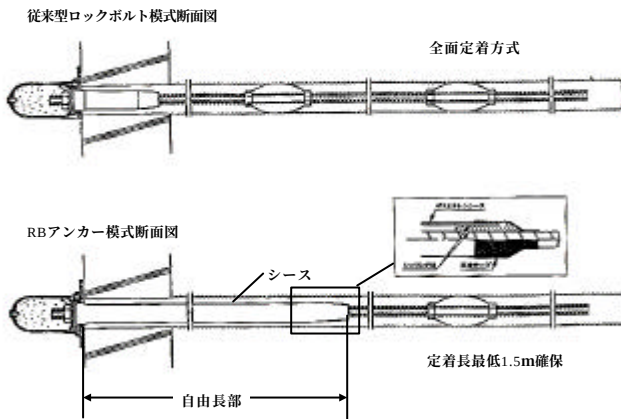


図 14. RB アンカー工法模式断面図

本工法は、ロックボルト工のライフサイクルをより確実に確保するための工法である。最近会計検査院の報告でロックボルトが抜けている現場が目立っている。ロックボルト工の怖さは、全定着という性質上、確認試験が全本数において行われない点である（5%程度）。そこで、本工法は永久アンカー工の様に、擬似自由長部を設けることにより、全本数引張試験を行う様にしている。ロックボルト工の引張計算は、定

着 1.5m迄として計算されているため、自由長部を設けることに問題は無い。今後、永久 RB アンカーとしての位置づけを見据えて研究を続けている。

4. まとめ

この様に、「無水掘工法」は、設置地盤(定着層)の確認および地下水の動向把握により、永久アンカーの名が示すとおり長期に渡っての確実な施工が可能であり、しかも安全で安心が得られる自然環境とも共生でき、更に工費縮減・工期短縮を達成した素晴らしい工法である。また、3 章にて述べた様に汎用性・応用性の高さは、無限大である。この技術は約 10 年ほど前から試行を繰り返し、現在確立するに至っている。平成 12 年には、地盤工学会のグランドアンカー設計・施工基準、同解説が改定され、「無水掘工法」の理念と合致する、設置地盤の確認と地下水動向把握が謳われる様になった。

「無水掘工法」は、従来の削孔方法とは異なるため、グランドアンカー設計・施工基準、同解説にそぐわない点もいくつか存在する。例えば、加圧注入である。従来方法においては、二重管泥水掘のため加圧注入は原則であった。しかしながら、「無水掘工法」においては、圧密削孔理論によりその必要は無い（国土交通省山口工事事務所へ論文提出済）。また、本工法にて設計を行った場合、大幅コスト縮減にも繋がる。そこで、1 日でも早く、各現場に本工法が取り入れられ、86,651 箇所(H9 調査)にものぼり、今後益々増え続ける危険箇所を 1 箇所でも多く防災工事が施工される様願っている。その実現の為に、JOS システム研究会として広く元請方と施工ノウハウを共有し「共有施工体制」づくりを最終目標と考えている。

URL <http://www.jos-s.co.jp> E-mail kitaya@jos-s.co.jp

JOS システム研究会 TEL 0120-325313 FAX 0120-325314

事務局：オーナーシステム株式会社内。大阪市東淀川区東中島 1-13-30

TEL 06-6325-5113 FAX 06-6325-5144

加盟協会：(社)日本アンカー協会・VSL 協会・FLO 技術研究会

全国 CC 緑化協会・近畿 CC 緑化協会・兵庫県 CC 緑化協会

追加資料－1

2. 2. 4. 設置地盤（定着層）の設計 τ 値が見直しとなった現場

本現場は、大阪府豊能郡豊能町に位置し、急傾斜地崩壊防止工事

として計画された現場である。本現場は1・2区に分かれており、2区は、ロックアンカー工 $\phi 90$ $L=7.0(m) \times 27(本)$ 189.0(m)、1区はロックアンカー工 $\phi 115$ $L=7.5(m) \times 6(本)$ 45.0(m)であり、設置地盤推定岩質はどちらも風化岩、定着長 3.5 (m)であった。2区に関しては設計通り風化岩が存在し、問題なく施工完了した。しかしながら、1区の削孔を行なったところ、7.5 (m)削孔しても、風化岩が現れなかった。



そこで施工を一時中断し基本試験を行った。

図 A. 大阪府：平野地区急傾斜地崩壊防止工事

引張り試験の結果、設計アンカー力 38.3 t に対し約半分の耐力しか期待出来ない事が確認された。そこで、監督官との打ち合わせ、指示により設計アンカー力 18.67 t/本とし、本数が倍の 12(本)90(m)に変更となり、施工完了した。

2. 2. 5. 設計 τ 値見直しによりアンカー定着長が長くなった現場

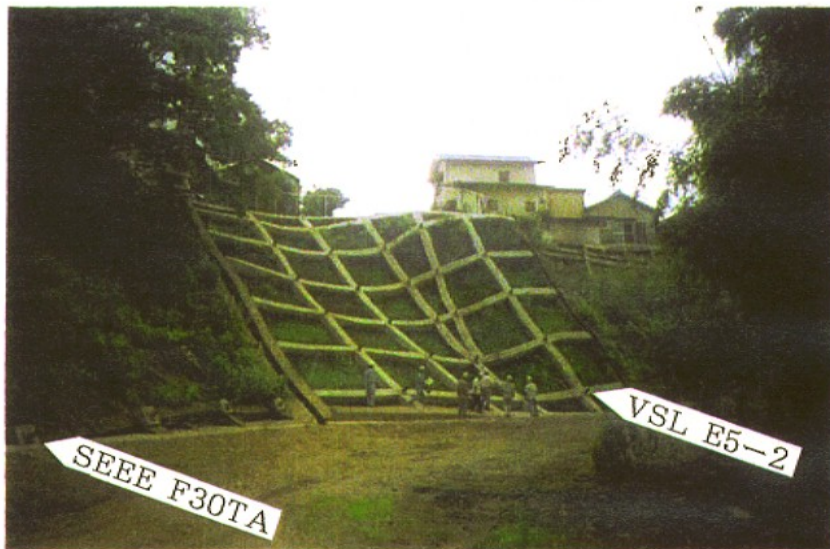


図 B. 大阪府：仏並(4)地区急傾斜地崩壊防止工事

本現場は大阪府和泉市に位置し急傾斜地崩壊対策工事として計画された現場である。ロックアンカー $\phi 115$, $L=8.0 \sim 9.0(m) \times 19(本)$ 160.0(m)であり、推定岩質はレキ質土、定着長 3.0 (m)であった。しかしながら、削孔をはじめてみると、地下水が自噴し、非常に高い被圧がかかっており、大量の地下水が存在した。また、岩質も設計の τ 値を満足しないと判断し、基本試験を行った。そ

の結果、設計のアンカー定着長では足りないことが判明したので、監督官と打合せ、指示によりアンカー材を SEEE-F30TA から VSL-E5-2 と変更し更に定着長を 3.0(m)から 5.0(m)へと変更し施工完了した。

追加資料-2

3. 8. 民家隣接クリアランス 1.5 工法

本現場は、図のように、民家と擁壁の間隔が 1.5m という非常に困難な現場である。急傾斜地崩壊対策工事の多くの現場で見られる施工環境で従来の工法ではまったく施工不可能な現場である。今回は、実は擁壁を打つ前にロックボルト工を先行した為に、施工可能となった。しかしながら、そのような工夫をしても、施工段階でのクリアランスは、1.8m ぎりぎりであった。



図 C. 奈良県：天川村自然災害防止(沢原急傾斜地)工事

3. 9. 無足場工法

本工法は、作業ヤードが必要分確保出来る現場にて、高所作業車或いはクレーンに削孔機をセットし、施工するものである。本工法は、「無水掘工法」の長所である、ワンマンリモートコントロールにて作業可能であることおよび削孔機の軽量化を活かした工法である。従来の足場上でのマシンの移動を人力に頼らず杭



図 D. 京都府：大宮岩滝線道路災害復旧工事



芯の移動セットがスピード化されるため、更なる工期短縮および工費縮減を推進する工法である。

図 E. 福井県：佐田竹波敦賀線道路改良工事