

ADECO-RSシステムを適用したトンネル掘削

Construction Method of The Tunnel with The ADECO-RS System

木村隆¹・尾上博文²・西川秋弘³・小林正治⁴

Takashi Kimura, Hirofumi Onoue, Akihiro Nishikawa and Tadaharu Kobayashi

¹国土交通省近畿地方整備局舞鶴港湾事務所（〒624-0946 京都府舞鶴市宇下福井910）

E-mail:kimura-t86s3@pa.kkr.mlit.go.jp

²国土交通省近畿地方整備局舞鶴港湾事務所 保全課（〒624-0946 京都府舞鶴市宇下福井910）

³前田建設工業株式会社 舞鶴トンネル作業所（〒624-0914 京都府舞鶴市宇下安久地内）

⁴正会員 工修 前田建設工業株式会社 舞鶴トンネル作業所（〒624-0914 京都府舞鶴市宇下安久地内）

It was supposed that tunnel crown and face was unstable at the portal of MINATO-AGU Tunnel because of the ground condition consisting of weathered and argillated granite. Therefore, the tunnel was constructed by micro-bench cut and the section was closed early, applying the auxiliary methods represented by long length face-bolts in accordance with the concept of ADECO-RS system.

According to the measurement result, it was turned out that improvement of the ground condition in front of face made possible to construct by micro-bench cut, to close the tunnel early, to stabilize the tunnel and to reduce the displacement.

Key Words : ADECO-RS , long length face-bolts , face bolt with slit

1. はじめに

近年、切羽前方コアを補強し先行変位を抑制するための技術として、鏡面の補強に注目した施工事例、計測結果、解析結果などが多数報告されている¹⁾。鏡面の補強としては、鏡ボルト工の実施例が増えており、その採用動向を調査した結果によれば長尺化が進み²⁾、従来の短尺ボルトで鏡面の崩壊を防止して自立性を補うという考え方から、長尺鏡ボルトで先行変位を抑制して内空変位の減少や支保の負担軽減を図るという考え方に移行しつつあると考えられる。

この切羽前方コアに着目したトンネル工法はADECO-RS（Analysis of Controlled Deformation in Rock and Soils）として紹介されている³⁾が、本稿ではこの概念の適用性について検討し、実際のトンネル掘削で適用した結果について報告するものである。

2. 工事概要及び地形・地質概要

舞鶴港では、西港側の和田地区沖合い100mの埋

立地において多目的国際ターミナルの中核として機能させるべく和田埠頭（仮称）を整備中であるが、その和田埠頭と既存の第1～4埠頭とを結ぶ臨港道路も併せて整備を進めているところである。みなと安久トンネルはこの臨港道路のうち、標高302mの五老ヶ岳の西側山裾を南北方向に位置する延長1125mの2車線道路トンネルである。

図-1にADECO-RSによるトンネル掘削を適用したみなと安久トンネルの地質縦断面図を示す。トンネル付近の地質は舞鶴帯と称される構造帯に属し、夜久野複合岩体が分布しており、著しいせん断作用を受け亀裂の発達も顕著であり、岩質も不良であることが多いとされている。トンネルの大部分において、岩質は圧砕花崗岩が主体であるが、中央の沢部では安山岩の分布も確認されており、これらの移り変わりも断層や貫入によると考えられる複雑な地層が存在する。

北側に位置する終点側坑口付近は、坑口位置から120m付近までの区間で土被り2D（Dは掘削幅）以下の緩斜面が続いている。地質は、風化土砂化および粘土化が著しく進行した花崗岩がこの区間全線に渡って分布しており、また小規模ではあるが断層も

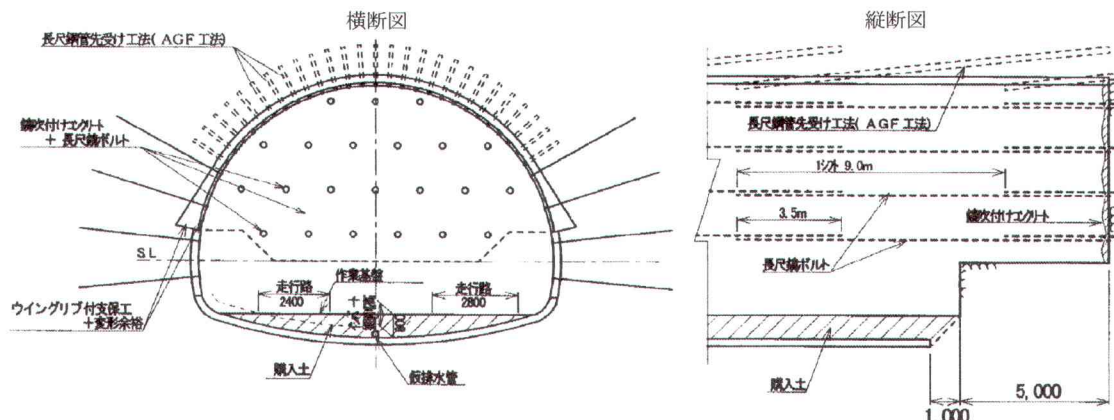


図-2 ADECO-RSを適用したトンネル掘削状況図

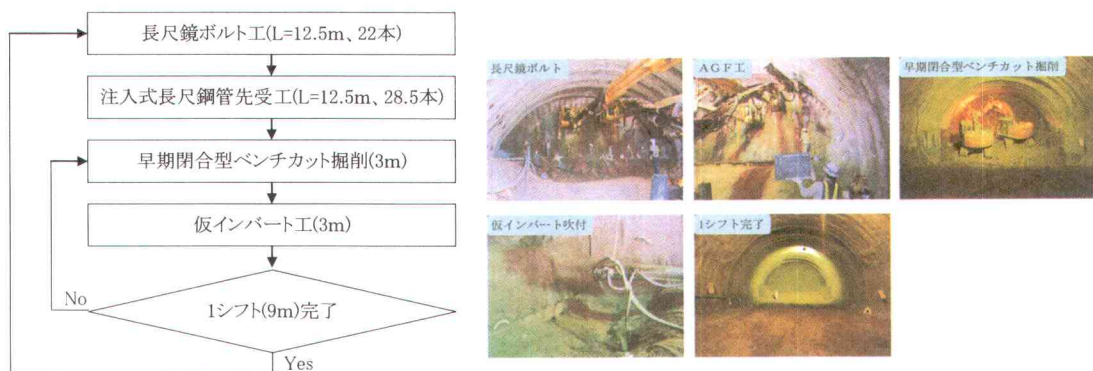


図-3 施工フローと施工状況

(2) ADECO-RSの適用

2シフト分（明かり巻部3.1mを含む区間長21.1m）の上半先進ショートベンチカット工法による施工状況を踏まえて、それ以降についてはトンネル周辺地山の安定を早期に図り、併せてトラフィカビリティ等の施工性を向上させることを目標として、ADECO-RSシステムの適用性について検討した。通常のNATMでは切羽解放後に支保を設置することから切羽到達までの先行変位が大きくなるが、ADECO-RSシステムの特徴は切羽前方コアに着目し、多数の鏡止めボルトを打設して切羽前方コアの剛性を向上させることによってトンネルの安定化を図ることにある。

図-2 にトンネル掘削状況図、図-3 に施工フローと施工状況を示す。当トンネルではこの概念に基づき、1シフト(9m)分の長尺鏡ボルト工及び注入式長尺鋼管先受工を施工した後、上半掘削及び下半掘削から仮インバート閉合に至るまでのトンネル掘削サイクルを3m間で実施し、このサイクルを3回実施す

ることで1シフト間の施工を完了するものである。上半・下半のベンチ長は、最小2mから最大5mの間で変化するが、掘削補助工法とこの早期閉合型ベンチカット掘削によって天端・脚部沈下の増加を抑制し、トンネル周辺地山の安定を図ることとした。

4. ADECO-RS適用による効果

図-4 及び図-5 に上半先進ショートベンチカット掘削時とADECO-RSを適用した早期閉合型ベンチカット掘削時の坑内A計測結果、表-2 にそれぞれの区間の概要と天端沈下量を示す。

天端沈下量は、掘削開始当初の上半先進ショートベンチカット掘削時の45～60mmに対し、ADECO-RSを適用し早期閉合を実施した区間以降は20～40mmと40～60%に低減されている。このような計測結果から、鏡面が自立すればより全断面に近い形で掘削して早期閉合を行うことにより、変位量を抑えてトン

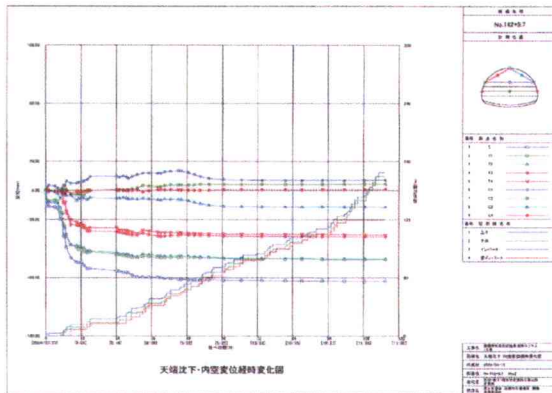


図-4 坑内A計測結果(上半先進ショートベンチカット区間)

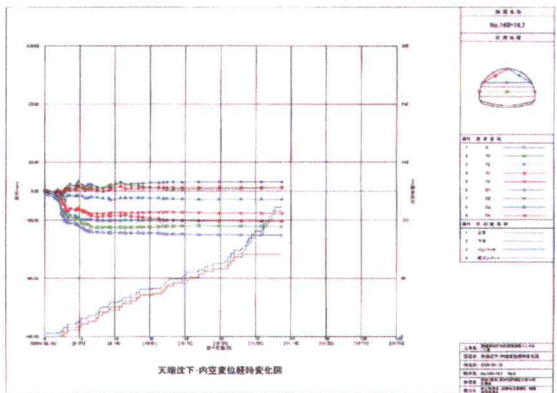


図-5 坑内A計測結果(早期閉合型ベンチカット区間)

表-2 採用した区間の概要と天端沈下量

	上半先進ショートベンチ カット区間	早期閉合型ベンチ カット区間
区間長	21.1m	108.0m
土被り	0～0.7D	0.7～2.5D
A計測測点数	3断面	17断面
天端沈下量	45～60mm	20～40mm

ネルの安定を図ることが可能であることが確認された。

また施工性においては、仮インバート掘削後の埋戻しに良質土（岩砕）を用いて施工基盤とすることで、良好な作業環境下でのトンネル掘削が可能となった。

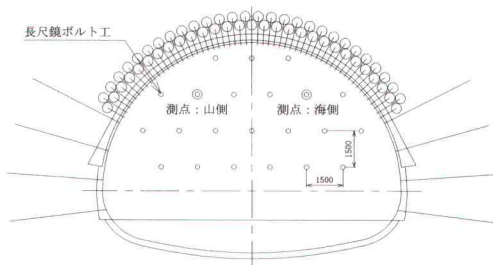


図-6 軸力測定箇所

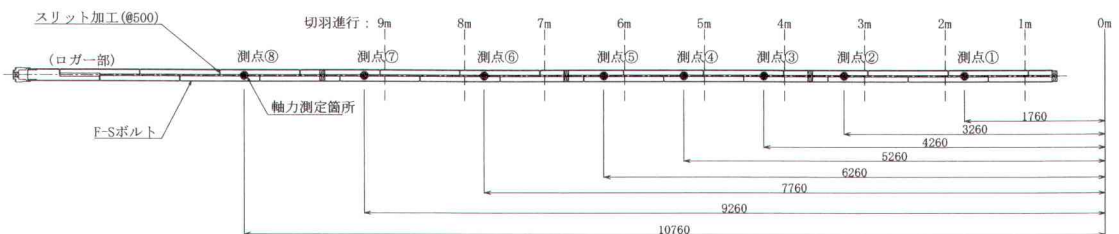


図-7 長尺鏡ボルト中の軸力測定位置

5. 長尺鏡ボルト工の計測結果

(1) 軸力測定の概要

ADECO-RSの適用にあたって、切羽前方コアの補強を担う長尺鏡ボルトは重要な要素技術の1つである。そこで図-6 に示す2本のボルトに対して、ひずみゲージを取り付けたセンサー管を用いて長尺鏡ボルト工に作用する軸力を測定し、切羽前方コアの拘束状況を確認した。

長尺鏡ボルト工の軸力測定の概要を図-7 に示す。なお、長尺鏡ボルトには切断用のスリット付き長尺鋼管パイプ（F-Sボルト）を用いている。

(2) 掘削中の軸力分布

図-8 にトンネル1m掘削毎の長尺鏡ボルト工の軸力分布を示す。軸力は、掘削開始直後から発生して切羽前方へ伝達しており、ピーク値を持った山形の分布形状を維持して推移している。またピーク値は、切羽の進行とともに切羽前方に移動していく様子が読みとれる。2本の軸力分布を比較すると、海側の方が山側より大きな軸力を生じている傾向が確認できるが、これは掘削中の切羽面海側に多く確認された亀裂に伴う小崩落による影響と推定される。

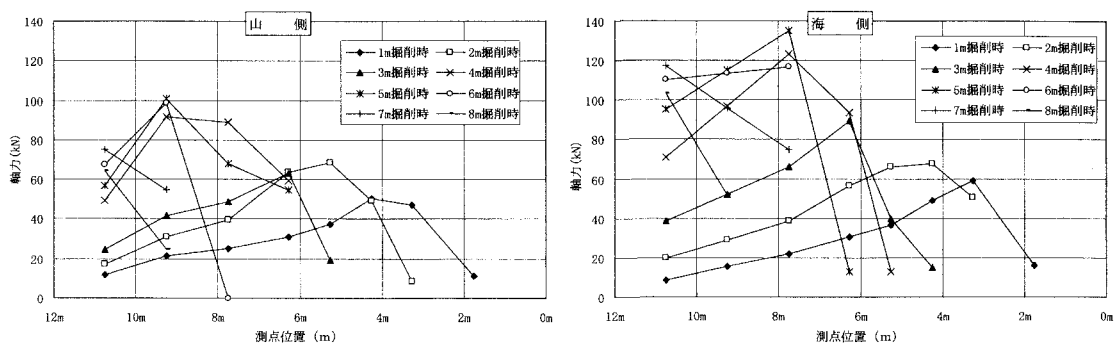


図-8 長尺鏡ボルト工軸力分布図

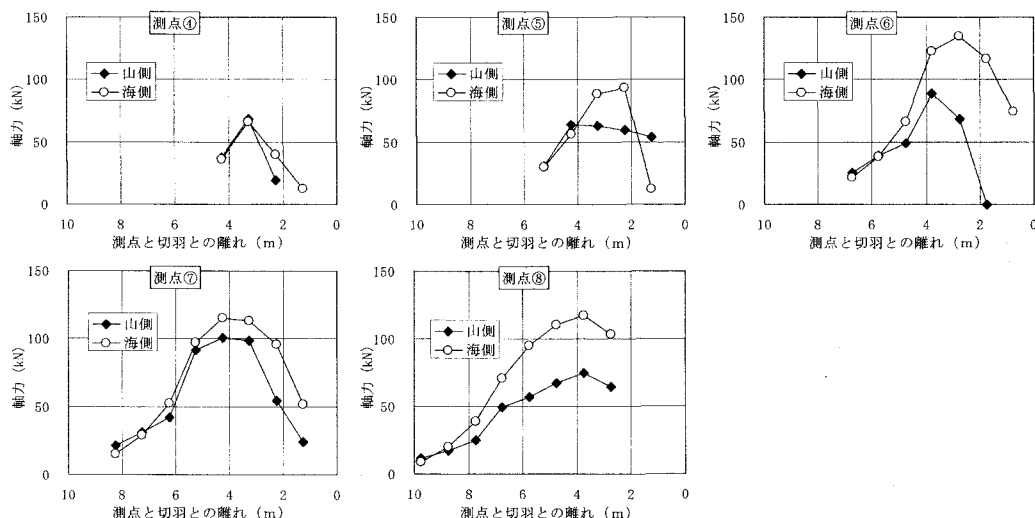


図-9 測点④～⑧の切羽進行に伴う軸力の変化

図-9 に測点④～⑧の切羽進行に伴う軸力の変化を示す。海側及び山側の計測結果とも、測点と切羽との離れが小さくなるに従って徐々に軸力は大きくなり、測点④，⑤，⑥では3m付近、測点⑦，⑧では4m付近で軸力のピークとなる。ピーク値が生じた以降は、急激に軸力の低下が確認できる。

この結果から、切羽前方3～4mの範囲では長尺鏡ボルトと地山の付着力が弱くなり軸力が低下していると考えられるため、当トンネルにおける掘削時の切羽前方の緩み影響は3～4m程度まで達していると推定される。よって、切羽前方コアを連続して拘束するためにはラップ長も3m程度は必要と考えられる。

6. まとめ

風化花崗岩を対象地山とした2車線断面道路トン

ネルにおいて、ADECO-RSの概念を適用したトンネル掘削を実施したことで周辺地山の安定を図り、また施工性も向上することができた。

本稿が同種のトンネル施工に際して、参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) たとえば、高橋浩，新野義昭，大坪稔哉，岡田憲明，森本真吾：低土被り部における長尺鏡ボルトの支保効果，トンネル工学報告集，第14巻2004年11月報告集(33)
- 2) 西崎晶士，宮本健太郎，羽馬徹，岡部正：長尺鏡ボルト工の適正配置に関する解析的研究，トンネル工学報告集，第14巻2004年11月報告集(5)
- 3) ジェオフロンテ研究会：切羽前方コアに着目した新しいトンネル工法－ADECO-RSの適用について－，2002.11.