

III-568

4分割中壁式NATMでのRCルーフの挙動

鴻池組 ○富澤直樹 嶋村貞夫 篠田淳二

大阪府富田林土木事務所 天野暉正

はじめに

一般国道(新)170号道路改良工事は関西新国際空港へのアクセス道路を構築する工事で、このうち河内長野市に位置する天野山1号トンネルでは、大阪層群最下部の砂礫層を主とする未固結土砂地山で、掘削断面積 145m^2 、偏平率0.68の偏平大断面を4分割中壁式NATMで施工した。図-1の地質縦断面図に示したように、本トンネルの中央に位置する沢部では土被りが不足しトンネル断面の一部が地上に露出する。このような場合の施工法として明かり掘削し坑口をつける方法や盛土後の坑内から剛性の大きな先受け工法等が考えられるが、工期・工費・安定性で有利な先受けとして、トンネル断面外周に沿ってRCルーフを構築し、埋め戻し後その下部をトンネル掘削する方法を採用した。このRCルーフ部で計測を実施したのでその結果を報告する。

1 地質および地形概要

掘削対象地山は大阪層群最下部で、GL-1.5mまでがN=2の非常に緩いシルト混じり砂、GL-4mまでがN=2~57の礫混じり砂、GL-11mまではN>60の固結した礫混じり砂で、地下水位はGL-0.5mに位置した。現況地表面はトンネルクラウンよりも約1m下に位置した。

2 RCルーフの断面諸元と支保パターン

図-2に断面図を図-3に平面図を示した。RCルーフはトンネル軸方向の先受けと考え、自重と盛土荷重により発生する曲げモーメント $33.5\text{tf}\cdot\text{m}$ に対して鉄筋の許容応力を $2700\text{kgf}/\text{cm}^2$ として断面を設計した結果、厚みを60cmとし、鉄筋は被り10cmで引張領域になる縦断方向の下筋をD29@200、上筋をD22@200、横断方向の上下にD22@250で配置した。写真-1に鉄筋の組立状況を示した。RCルーフ直下の地山は非常に軟弱であったため床付け時にセメントで改良し、地下水位低下のためディープウェルを4本施工した。RCルーフは幅10.5m、延長18mの施工範囲であったがその幅はトンネル断面に対して十分でないため、ルーフの沈下防止とトンネル周辺地山の補強のため高強度ウレタンを用いたウレタンパイル(L=4m)を施工しRCルーフに定着した。また、縦断方向には斜面の

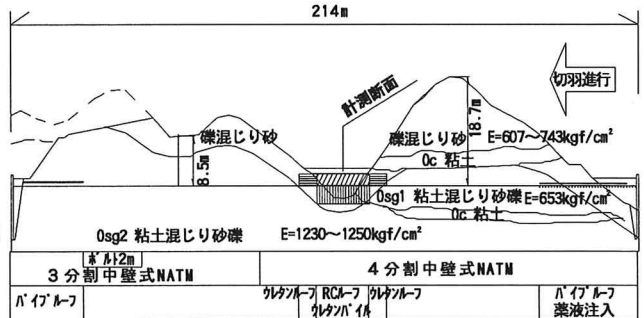


図-1 地質縦断面図

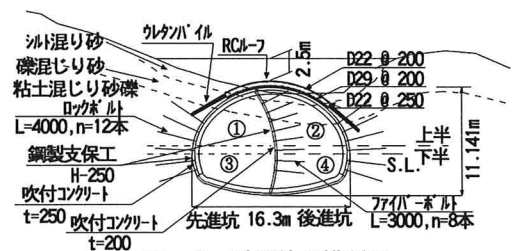


図-2 計測位置横断面図

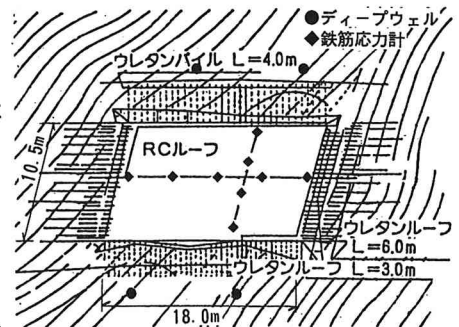


図-3 平面図

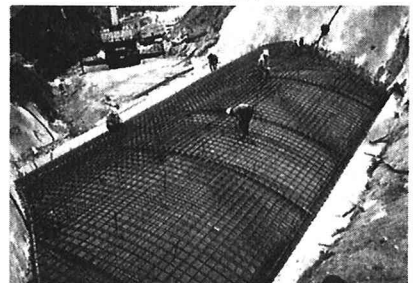


写真-1 施工状況

滑りを防止しトンネル天端の安定を保つためウレタンルーフ(L=6m)を施工した。トンネルの掘削は左右の上半掘削を先行させる4分割中壁式NATMで行い、鋼製支保工はH-250を1m間隔で建て込み、吹付コンクリートはアーチ部を $t=250\text{mm}$ 、中壁を $t=200\text{mm}$ とした。ロックボルトは側壁部が4m、中壁部が3mのファイバーボルトを打設した。

3 地山の挙動

図-4に地表面沈下分布図を示した。トンネルセンターの地表面沈下は、先行沈下が6.9mm、上半段階収束値が20.4mm、最終収束値が30.6mmであった。その分布はトンネルセンターを境に二つのピークがあり、その最終収束値は先進坑上部が45.7mm、後進坑上部が40.8mmであった。センターの沈下が少ないのは中壁の効果と考えられる。坑内での天端沈下は上半段階収束値が6.1mm、最終収束値が13.4mmであり、地山条件やトンネル形状を考慮するとかなり小さく、RCルーフが剛性の大きな先受けとして作用したことがわかる。

4 RCルーフの挙動

図-5に鉄筋応力分布図を示した。縦断方向鉄筋応力は最終的に上筋では端部が最大55kgf/cm²の圧縮でそれ以外は引張で最大128kgf/cm²を示した。下筋では端部が最大145kgf/cm²の圧縮を示し、それ以外は最大20kgf/cm²の引張からわずかな圧縮を示した。全体に上側引張の曲げモーメントが作用しているが、両端だけは圧縮状態であった。設計は単純梁に等分布荷重を載荷しており、変位のモードは逆であった。一方、横断方向鉄筋応力は最終的に上筋ではクラウン直上が932kgf/cm²の引張でそれ以外は圧縮で最大87kgf/cm²を示し、下筋では全体的に圧縮で最大344kgf/cm²を示し、応力には十分余裕があった。上筋のクラウン直上部は後進坑上半の接近および通過に伴って大きな引張が発生しているが、図-6の横断方向の模式図に示したように中壁の接合部を支点にした張出し梁のような状態となっている。ただし、クラウン直上部を除けば56.3tf～83.6tfの圧縮軸力が導入されておりこの範囲はアーチとして機能しているようである。

5 まとめ

地下水位下の軟弱地山でのトンネル施工であったが、切羽が崩壊することなく安全に施工できRCルーフの先受け効果を確認できた。計測の結果中壁工法でのRCルーフでは縦横断方向ともに端部が沈下し、上側が引張となる傾向を示した。今回の場合、横断方向の曲げによりコンクリートにひびわれが発生し、鉄筋に932kgf/cm²とかなり大きな応力が発生しており、鉄筋が有効であった。横断方向では中壁が効果を発揮し支点として作用しており、中壁がない場合にはさらに大きな値を示すものと思われ、設計時にはこの点を十分に配慮する必要があると思われる。

なお、本工事は一般国道170号天野山トンネル施工検討委員会の指導に従って実施したものであり、委員長である大阪大学松井保教授以下委員の皆様に感謝いたします。

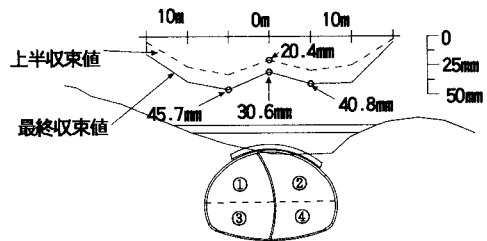


図-4 地表面沈下分布図

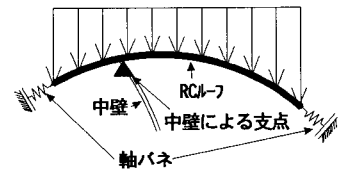


図-6 模式図

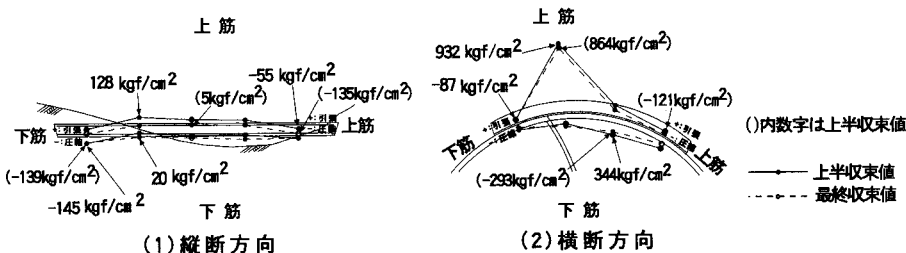


図-5 鉄筋応力分布図