

III-571

大阪層群最下層における中壁式NATMの施工

鴻池組 ○岩田文吾 篠田淳二 嶋村貞夫 富澤直樹
大阪府富田林土木事務所 天野輝正

はじめに 一般国道(新)170号道路改良工事天野山1号トンネルは河内長野市に位置し、図-1の地質縦断面に示したように最大土被り18.7mの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145m²、偏平率0.68の偏平大断面を中壁式NATMで施工した。前半の4分割施工区間での計測結果をもとに後半で3分割施工を試みたので、その経過を報告する。

1 4分割施工と計測結果

トンネルの掘削は①先進坑上半、②後進坑上半、③先進坑下半、④後進坑下半、⑤中壁撤去の順に実施した。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t=200mmであった。アーチ部のロックボルトは原設計では6mであったが、事前解析の結果で変位抑制の効果があまり認められなかったことと施工性の向上により切羽解放時間を短くするため4mに変更した。中壁部は3mのファイバボルトとした。図-2は計測位置の断面図を示したものであり、地質は上からN=3~45の礫混じり砂、N=60以上の粘土混じり砂礫からなり、部分的に礫混じり粘土が介在する。トンネル天端付近の変形係数はE=653kgf/cm²である。土被りは10mで掘削幅D=16mに対して約0.6Dと薄い。

坑内での天端沈下は上半段階収束値16.8mm、最終収束値が22.2mmであった。土被りが小さい土砂山での偏平大断面トンネルの変位としては小さく中壁の変位抑制効果が認められる。また、トンネルセンターの地表面沈下は先進坑上半到達時点における先行沈下が3.7mm、上半段階収束値が17.3mm、中壁撤去後の最終収束値が22.5mmであり、トンネルセンターの坑壁から約2m上部の地中沈下は先行沈下が4.0mm、上半施工段階収束値が22.1mm、最終収束値が29.1mmであり、いずれも先行沈下の割合が小さい。これは4分割施工により最初の加背が小さくなった効果と考えられる。一方、図-3に示したように、鋼製支保工の軸力の上半段階収束値の最大値は先進坑

アーチ部の49.4tf、後進坑アーチ部の21.7tfに対して中壁も29.0tfと比較的大きな値を示し、上半段階では中壁が効果を発揮していたことがわかる。

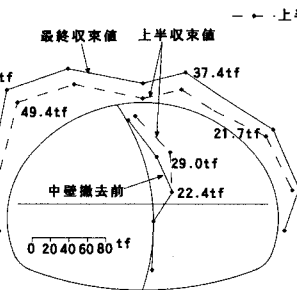


図-3 鋼製支保工軸力分布図

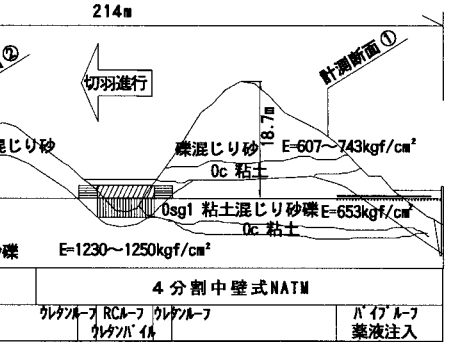


図-1 地質縦断面図

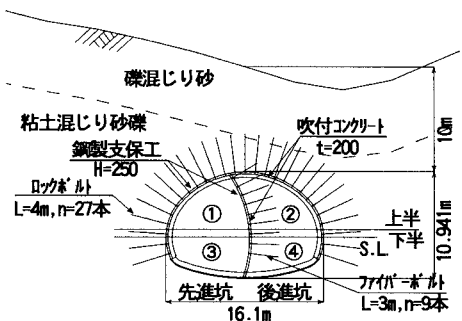


図-2 計測断面①横断面図

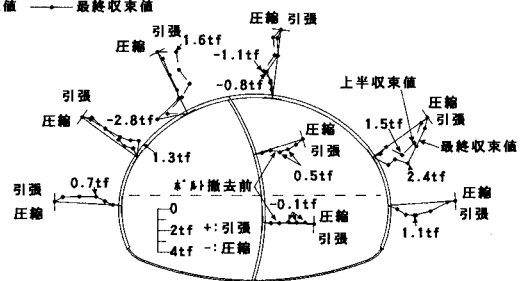


図-4 ロックボルト軸力分布図

最終収束値の最大値は先進坑アーチ部が67.2tf、後進坑アーチ部が37.4tfと増加したのに対して、中壁の上半部はむしろ減少し下半部にはほとんど軸力が発生しなかった。また、下半施工および中壁撤去での天端沈下と地中沈下の増分は5.4mm、7.0mmであり上半段階の変位に対してかなり小さかった。これらのことより、下半施工時の荷重はほとんどアーチ部の吹付けコンクリートや鋼製支保工に分担され、中壁の軸力もアーチ部に再配分される傾向にある。このため今回のように左右の上半掘削を先行させる中壁式では、下半の中壁がない3分割式でもトンネルの安定には影響をおよぼさないと考えられた。また、図-4に示したようにロックボルト軸力の最終収束値はクラウン～アーチ部では最大1.1tfの圧縮状態にあり、下半を含め側壁部は最大2.4tfの引張状態にあった。全体的に軸力は小さかった。

3 3分割施工と計測結果 トンネルの後半区間は上から礫混じり砂、粘土混じり砂礫で構成され、トンネル天端付近の変形係数は $E=1230 \sim 1250 \text{ kgf/cm}^2$ と4分割区間の約2倍であった。そこで、4分割施工での結果をもとに3分割施工を試みた。トンネルの掘削は①先進坑上半、②後進坑上半、③両下半を掘削しながら中壁の撤去、の順に実施した。支保パターンは図-5に示したように、アーチ部の吹付け厚が $t=250\text{mm}$ でアーチ部に3mのフォアパイリングを打設した。計測断面の土被りは8.5mと先の4分割での計測断面よりも薄く、また地表面は先進坑側から後進坑側へと約25°傾斜し偏圧地形を呈した。

坑内での天端沈下は上半段階収束値が23.4mm、最終収束値が31.8mmであった。上半での施工方法は4分割式と変わらないため、上半段階収束値が4分割区間の16.8mmに対して大きいのは土被りや偏圧等の地山条件によるものと考えられる。一方、施工方法の異なる下半施工時の天端沈下の増分は8.4mmであり4分割区間の5.4mmより若干大きい、上半部の挙動の差を考慮すればほぼ同程度と考えられる。

また、図-6に示したように鋼製支保工軸力の上半収束値の最大値は先進坑アーチ部が40.0tf、後進坑アーチ部が46.1tf、中壁が13.3tfを示した。最終収束値の最大値は先進坑アーチ部が26.7tfと減少し、後進坑アーチ部が65.7tfと増加した。先の4分割断面と異なり全体的に後進側が大きくなったのは左側からの偏圧に対し右側の後進坑アーチ部鋼製支保工により多くの負担がかかったものと考えられる。ロックボルト軸力は図-7に示したように全体に圧縮状態にあり、アーチ両肩部では最大2.3tf、下半では最大1.2tfを示した。

4 まとめ 今回のような土被りの薄い土砂地山で左右の上半掘削を先行させる中壁式NATMは、上半の中壁が変位抑制に有効でトンネルの安定に寄与することがわかった。また、下半の中壁を設けない3分割式でも同程度の効果が期待できることがわかった。パターンボルトの変位抑制効果は実測でも解析結果でも小さく、今回のような地山ではパターンボルトの効果を期待するよりも鋼製支保工や吹付けの支保効果を積極的に活用する方が合理的であると考えられる。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感謝いたします。

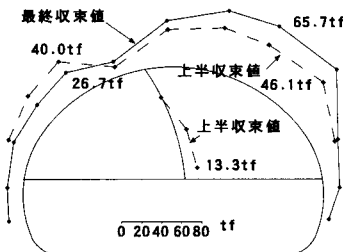


図-6 鋼製支保工軸力分布図

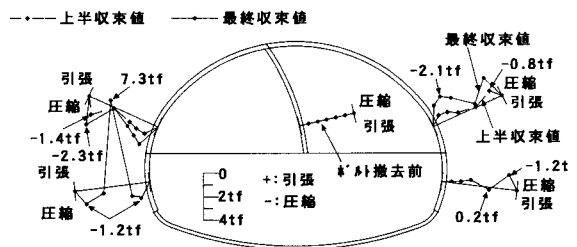


図-7 ロックボルト軸力分布図