

VI-104 補助ベンチ付全断面掘削工法による坑内交差部の施工

住友建設 東京支店 正員 高橋 浩
住友建設 東京支店 正員 海野 修
住友建設 土木部 正員 桑原秀樹

1. まえがき

本線トンネル標準部と同等断面で交差する分岐トンネルを施工する場合、分岐トンネル掘削に伴う交差部周辺の地山挙動を評価し、必要に応じて適切な施工法・補強工を選定する必要がある。しかし、交差部の地山挙動は交差部周辺の地質構造、力学特性、分岐トンネル掘削時の本坑側支保・補強規模の程度、分岐トンネル施工法等が関係し、非常に複雑な要素から構成されている。更に、交差部自体の施工例が少ない為に多くの施工事例から支保を含めた周辺地山の挙動を予測することも困難である。本稿は上信越自動車道、八風山トンネル西工区での集塵機坑(分岐坑)の施工に補助ベンチ付全断面掘削工法を、また補強工に長尺ロックアンカー等を適用し良好な成果が得られたので、その設計・施工についての概略を報告する。

2. 交差部付近の概要

八風山トンネル西工区での集塵機坑は西坑口より約1600m地点に位置している。(図-1)本坑掘削時に認められた交差部付近の地質は、新第三紀鮮新世の凝灰岩と安山岩貫入岩で、安山岩貫入時の熱水変質作用を受けた破碎質の凝灰岩が主体である。岩片の一軸圧縮強度は50~200kgf/cm²と幅が広く、局所的に粘性土を挟在し、亀裂の卓越した地山状況であった。また湧水は滴水程度であるが、部分的に最大50l/min程度の湧水が認められたものの作業に支障をきたすほどではなかった。ところで交差部での安定はその構造的形状から地山強度への依存率が高く、地山強度、支保の剛性不足に起因する変状が当初より懸念された。そこで、集塵機坑掘削前の本坑掘削時に1ランクアップした支保パターンを本坑側で採用することで支保の剛性を高め、地山の緩みの抑制を図ることにした。また、掘削工法は施工の合理化、急速化を図るべく大型機械を導入した補助ベンチ付全断面掘削工法を採用している。

3. 交差部の補強工

交差部の支保を含めた地山挙動を評価するためには、切羽周辺を除いた単一トンネルでの2次元挙動と異なり、構造的には3次元問題として取り扱う必要がある。ここでは標準支保構造での支保耐力不足を補うと言う位置付けを考慮し、2次元

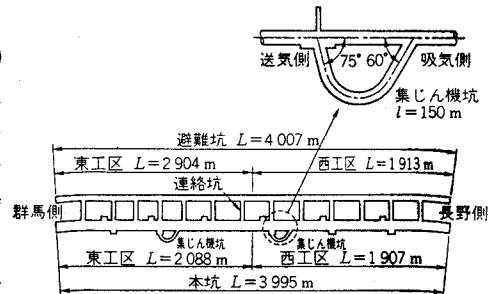


図-1 集塵機坑 位置図

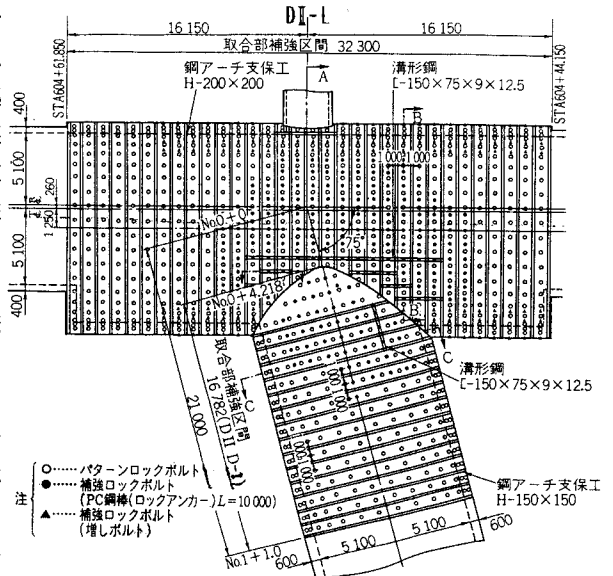


図-2 送気側交差部 補強工平面図

弾性FEM解析を組み合わせた3次元的な近似評価を行い、交差部補強規模の設計を実施した。検討断面は地質的に悪く、かつ非常駐車帯断面を持つ送気側(75度側)を取り上げ、吸気側(60度)については、その結果を準用することとした。また、地山の物性値は地山試料試験結果や本坑掘削時に得られた計測結果を利

用した逆解析結果などを反映させている。以上の解析結果や既往の交差部での補強実績等を勘案して決定した交差部補強工を図-2、3に示した。また、補強範囲の決定にあたっては、3次元光弾性実験による交差部の応力解析例を参考としている。なお、解析結果の妥当性を検証する目的で、本坑単体を取り上げた場合の解析結果と、本坑掘削時の計測結果を比較検討したが、ロックボルト軸力と吹付けコンクリート応力に整合性が得られなかった。この傾向は交差部断面での解析結果にも見られた。そこで、解析結果と実際の整合性を図るため、解析結果の吹付けコンクリート応力の一部をロックアンカー軸力に負担させ、補強工の設計を行っている。掘削工法については早期断面閉合が可能で、既に本坑で当該地質に適應性を確認できた補助ベンチ付全断面掘削工法を採用することとした。

4. 交差部周辺の計測結果

本坑送気側交点での天端沈下量は 29mm で、地山のひずみに換算すると $\varepsilon=0.3\%$ となり、周辺地山は弾性領域内 ($\varepsilon=0.5\%$) の挙動を示すに止まった。また、図-4に示すように非常駐車帯部のロックアンカー軸力は、壁面付近で最大22tを示し、軸力の分布形状から吊り下げ効果が確認できた。図-5に内空変位測定結果の一例を示すが、集塵機坑側インバート施工後、早期に変位が収束し安定した支保状態を形成している。

以上のような計測結果から交差部での支保、補強工について、高剛性支保パターン適用の妥当性、長尺ロックアンカーによる地山の吊り下げ効果、本坑側壁部の増しボルトによる側方変位の抑止と周辺地山の一体化、本坑インバートの事前閉合による安定性確保、補助ベンチ付全断面掘削工法採用による集塵機坑インバートの早期閉合等の合成作用効果が確認された。また、計測結果と解析値を比較すると、内空変位、ロックアンカー軸力、吹付けコンクリート応力とも計測値が下回った。

これは、本来3次元的な挙動を2次元弾性解析では表現が難しかったこと、解析位置と実際の計測位置とにずれがあったこと、入力物性値の弾性係数や応力解放率の取り方などによるものと考えられる。

5. あとがき

坑内交差部の施工に関しては、その構造形状のために複雑な応力場が形成され、地山や支保の強度、剛性が不足すると変位が発生することが予想された。このため、高剛性支保パターンの採用、長尺ロックアンカーと増しボルトによる地山補強、補助ベンチ付全断面掘削工法による早期断面閉合等の対策を講じた。その結果、各種対策が有効に作用したことが無事完工できた主因であると考えている。最後に施工に当たり適切な指導を戴いた関係各位の皆様へ謝意を表します。

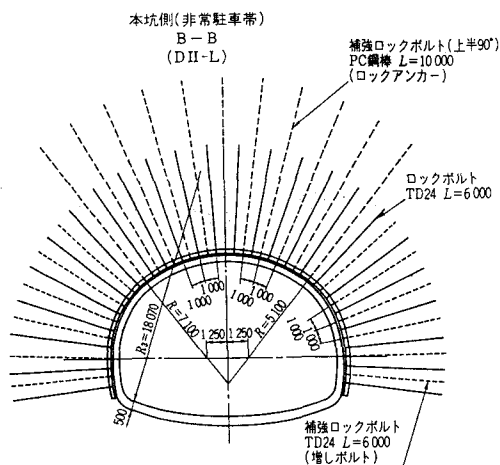


図-3 本坑側 補強工断面図

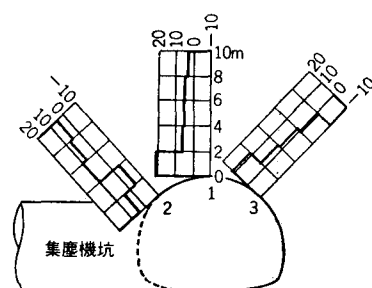


図-4 ロックアンカー軸力図

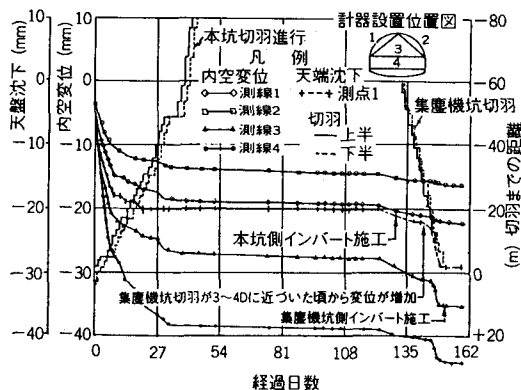


図-5 送気側本坑 内空変位経時変化図