

第4章 ずり出し方式のまとめ

前章で示した分析結果をまとめる。またその過程での考察等をしめす。

4.1 分析結果のまとめ

今回の調査ではベルコン方式 31 現場、タイヤ方式 84 現場のデータを分析した。統計処理する上でデータ数は十分とはいえないがある程度の傾向はみえる。以下に分析結果についての考察等を示す。なお分析結果そのものは 3 章に示しているのでここではまとめをしめす。

4.1.1 用途との関係

道路ではタイヤ工法の採用割合が 80% 近くあり、連続ベルコンの採用は少ない。一方鉄道ではタイヤ、ベルコンの採用割合はほぼ半々であり、両者の差は大きい。この差は何に起因しているかは不明であるが興味深いデータである。

4.1.2 延長との関係

- ・ 道路トンネルではトンネル延長 1500m 以下ではタイヤ工法 24 件に対してベルコンの採用はない。鉄道トンネルでは 2000m 以下ではタイヤ工法 2 件に対してベルコン工法の採用はない。これよりベルコン工法の採用の可能性を示すのは 1500m～2000m 位と推定できる。
- ・ 2000m を超えると道路、鉄道とも採用例が増えだす。このあたりの延長が経済性を考慮した場合の分岐点かもしれない。
- ・ ただし 2000m から 3000m 間はどちらもそれなりに採用されている。この間は決定的な差はない範囲とも考えられる。
- ・ 3000m 以上ではベルコン工法の採用がふえる。これはベルコン工法のほうが優位性を示すからであろう。

4.1.3 掘削断面との関係

- ・ 断面積 40m² 以下または 100m² 以上ではベルコン工法は採用されていない。小断面、大断面で採用されない特別な理由は何であるかは不明である。これはたまたま事例がなかったか、またはもともとトンネル数が少ないからであろうか。
- ・ 採用の多い断面は 60～80m² である。

4.1.4 ずりだし工法と作業坑

作業坑の有無は地形やトンネル全長との関係で決まるものである。分析結果によるとベルコン工法、タイヤ工法とも作業坑有り、なしの割合はほとんど同じである。この結果より作業坑の有無はベルコン工法を採用するかいなかの判断要因にはなっていない。

4.1.5 岩強度との関係

- ・ 一般論としては岩強度とベルコンの採用割合に顕著な傾向はない。
- ・ 岩強度が 150Mp 以上のトンネルでも連続ベルトコンベヤ方式はクラッシャーの併用により対応可能である。いわゆる硬岩トンネルでも対応可能である。
- ・ 一方 50Mp 以下でもベルコンの採用率が高い。この範囲は機械掘削の範疇でありそれが採用の判断要因になっている可能性はある。
- ・ 粘性土でベルトへの付着が問題になったことがアンケートで報告されている。硬岩ではクラッシャーの消耗部品の問題が提起されている。
- ・ どのような岩質でもそれぞれ適用に関しては課題はある。しかし適用できないような決定的な要因にはなっていない。

4.1.6 ずりだし方法と作業員

分析によれば連続ベルトコン方式のピークは4人、タイヤ方式では5人である。

明らかにベルトコン方式のほうが少ない。

ダンプ方式は長距離になればダンプ台数が増えるので作業員も増えるのが原因だろう。

ただし差は1人程度であり、その評価をどうするかは難しい。

4.1.7 換気

① 換気方式

分析結果は換気方式に関しては送気式、排気式とも傾向はほとんど差がない。即ち換気方式はずり出し方法によらないことをしめしている。

② 換気量

- ・ ベルコン方式の換気量は 2000～3000m³ が圧倒的に多い
- ・ タイヤ方式でも換気量は 2000～3000m³ が 50%以上である。
- ・ 換気量 3000m³ 以上は両方式ともに 15%程度であり少ない。
- ・ 逆に換気量 2000m³ 以下の割合ではむしろベルコン方式が割合が少ない。
- ・ ピークは両方式とも同じ範囲であり全体的な傾向も似ている。

これより

- * 1 換気に関しては方式、量とも同じような傾向にありずり出し方法に左右されない
- * 2 これは換気がずり出しでなくほかの要因で決まることを示している。
- * 3 ここでの最も多く採用されている換気量は参考資料に示した粉塵対策の換気量に相当すると考えられる。逆に粉塵対策の換気量を減らせればベルコンとタイヤの換気量の差が出る可能性はある。
- * 4 積算面から考察するとベルコン工法採用当初は換気量が減らせるので経済的なメリットがあるとされていたが今回の結果からはかならずしもそうではなさそうである。この点はもう少し詳細な資料収集と分析が必要である。

注1：必要換気量をきめる要因は何かについて考察するため換気量について試算した。
計算の詳細は添付資料に示す。

これによれば換気量はずり出し方式に左右されない。これが換気の内容に差が出なかった理由と思われる。

注2：ずり出し方式と掘削断面積、換気量の関係を下表に示す。

| | ダンプ方式 | 連続ベルコン方式 | 備考 |
|---------|-----------------------|-----------------------|--------|
| 対称トンネル数 | 78 | 33 | 小断面を除く |
| 平均断面積 | 79.5m ² | 73.3m ² | |
| 平均換気量 | 2016m ³ /分 | 2475m ³ /分 | |

- * ダンプ方式より連続ベルコン方式の方が換気量が多い。
- * 平均断面積はダンプ方式の方が大きい。
- * 連続ベルコン方式のトンネル延長が長い分設備換気量が大きくなっている可能性がある。

4.1.8 路盤整備について

- ・ ベルコン方式の方がタイヤ方式より路盤整備の頻度は明らかに少ない。
- ・ 週2回以上の整備をする現場割合はベルコン方式では6.7%だがタイヤ方式では38.2%とかなり多い
- ・ 逆に月2回程度もしくはそれ以下の割合はベルコン方法では43%もあるがタイヤ方式では半分程度の21%である。
- ・ 岩強度の低い範囲でのベルコン工法の採用割合はタイヤ工法より高い。一方岩強度が低いほうが路盤の泥濘化を招きやすい。したがって路盤整備の頻度が高くなる向がある。
- ・ それにもかかわらず上記の傾向があるのは実態はベルコン工法では路盤整備がかなりすくなくすすむ傾向にある。

4.2 評価のまとめ

分析結果、自由意見等をふまえて全体の評価をまとめる。各評価は条件設定や重みづけなどは考慮していないので人により感じ方が異なる恐れはある。

4.2.1 タイヤ方式採用現場の評価

- ・ 全体的な傾向として実施した工法におおむね満足している。これはほぼ計画どおりの成果を得られたことによる。(タイヤ工法は確立された工法であり、計画と実態の差が小さいことによるのだろう。
- ・ 連続ベルトコンベア方式を採用できなかった理由はコストと現実的には細部の施工法が未定なこと、工法に対する信頼性などである。また契約の縛りも大きい。すなわち分割発注で先行投資が出来ないことや雪国で冬季は施工できないなどの制約条件があるなどの問題がある。

4.2.3 連続ベルトコンベア方式採用現場の評価

- ・ 坑内環境と安全が最大の理由である。その点についての評価も高い。
- ・ 一方細部の工夫やコスト面で苦勞している様子が見える。

4.2.4 両工法の選定理由等の疑問点

工法選定理由が逆の意味になっているものがいくつかある。これらは地域特性やトンネルの特殊条件によるかも知れない。または経験不足か、先入観か。

いずれにせよ今後はどちらかに評価が収束するとおもわれる。または条件設定によるかかはっきりするとおもわれるが今後の検討項目でもある。

- ・ 坑口付近の騒音対策はどちらが有利か。両方の意見があり評価が不明。
- ・ サイクル上、ベルコンが有利という意見と不利という意見がある。
- ・ コストダウンをめざして採用したところとコストがかかるのでタイヤにした現場がある。

4.2.5 連続ベルトコンベア方式の課題

自由意見や評価にあらわれた連続ベルトコンベア方式の課題や不具合を列挙する。

- ・ 全体にコストがたかく経済性を考慮すると採用に至らない例がある。コストが下がれば短距離のトンネルでも使える。さらなるコストダウンがのぞまれる。
- ・ ベルコンの延伸方法を工夫してもっと簡単に出来るようにする。これによりサイクルタイムの短縮をはかる。
- ・ ベルト切断時には現状ではベルトの加硫業者が遠隔地で切断復旧に時間がかかりその間、掘削作業が休止状態になる。早期復旧を可能にする体制の構築が必要である。
- ・ 部品等に外国製品が多く調達に苦勞するので国産化し、供給体制を整える。
- ・ 発破等で大塊のずりが出た時、小割が必要になる。フィーダーを改善し大塊対応能力をあげる。
- ・ クラッシャーが高価である。消耗部品を含めてコストダウンをはかる。
- ・ フィーダーの磨耗が激しい。
- ・ 地質が粘性の場合、フィーダー等に付着し洗浄作業に大変苦勞する。対応策を確立する。
- ・ 覆工、インバート等の施工箇所ではベルトコンベアの設置位置が邪魔になる場合がある。相互の位置関係や移動方法の工夫が望まれる。
- ・ メンテナンス方法が確立していない。方法の標準化をはかる。