

VI-112 導水路トンネルの実態からみた巻立方式の合理化について

○ 東北電力(株)福島技術センター 正員 安藤 清美
東北電力(株)土木部 正員 阿部 壽
東北電力(株)土木部 正員 柴田 一成

1. まえがき

水力発電所は、国産資源であることなどの理由で、最近、積極的な開発が叫ばれている。しかし、今後開発される地点は、地形的に有利な地点が少ないことなどから経済性が悪く、技術開発などによる経済性の向上が大きな課題であるが、効果的な技術開発が難しい。

一方、水力発電所は当社だけでも216ヶ所も建設されているので、実態を調べることで、設計の合理化を図り経済性の向上をはかることが可能と考えられる。

この考えに従って、従来、かなり建設されていた無巻トンネルが、安全確保の理由で最近建設されなくなっているが、過去に発生したトンネルの崩落事故や実態調査を解析し、岩盤の岩級区分を把握し、区間を選ぶことによって、トンネルの巻立方式の合理化を図ることにより水力発電所の経済性の向上が可能と考えられるので報告する。

2. トンネル巻立方式による工事費の差異

トンネルの巻立方式を分類すれば、素掘り方式・モルタル吹付け方式およびコンクリート巻立方式に分けることができるが、工事費の比率を比較すると約0.5:0.6:1.0となっており、仮にトンネルを無巻方式とすれば出力1万kWの発電所例では全体の工事費の13%程度節減となった。

3. 無巻トンネルの建設状況

当社が保有しているトンネルは、総延長が498.3kmであるが、図-1に示す通り無巻区間と敷のみを打設した延長は11.6%, 58.2kmあり、無巻に準ずる区間を入れると17.8%, 88.8kmに上がっており、これらのトンネルは以下に述べるように、ほとんど支障がなく運営されている。

4. 過去に発電所のトンネルに発生した崩落事故¹⁾

当社が保有している発電所の数は216ヶ所であるが、その建設年代を示すと図-2に示す通り、建設以来40年以上経過したものが74%に上がっている。一方、当社が発足して以来43年間でトンネルで発生した崩落事故は図-3に示す通り57件である。このうち、無巻トンネル区間で発生した事故は全くなく、更に岩盤の区間で発生した事故は僅かに6件に過ぎない。これは、無巻区間の選定が適切に選ばれている結果とも言えるが、区間を適切に選べば特に岩盤の区間では無巻トンネルの建設が可能であることを示している。

5. 無巻トンネルが建設された年代

無巻トンネルがいつ頃迄建設されたかを示すのが図-4である。これをみると、S41年以降はほとんど作られていないことが判る。これは、安全重視による労働基準法の改正などによるものと思われる。

6. 巻立トンネルの巻厚の実態²⁾

現在、トンネルの巻厚は施工上の理由から最小15cm以上、直径の1/5~1/10程度の厚さに決められているが、実際には、トンネルを設計通りの形状で掘ることが難しいこと・巻立コンクリートの施工が困難なことなどから、設計巻厚を確保することが難しい。筆者らが調査した結果を図-5に示す。この結果、アーチでは70%の個所で設計を下回っている。しかし、4に示した通り総延長498.3kmにおよぶトンネルが、43年間で岩盤区間に生じた崩落事故が6件であるということは、既設トンネルの巻厚がほぼ妥当であり、むしろ他の区間で巻厚を小さくすることが可能と言える。

7. トンネルの地質分布

当社の全トンネルの地質分布を示すと図-6の通り堆積岩が57.9%, 深成岩が21.8%, 火山岩が16.8%の順に多い。

8. 事故を起こしたトンネルの地質分布

事故を起こしたトンネルの地質分布は、図-7に示す通り堆積岩が69.2%, 火山岩が23.1%, 深成岩が3.9%となっており、深成岩で発生した事故が僅かに1件であり図-6に示す全トンネルの地質分布と比べ少ないことから安全性が高い事を示している。

9. 無巻トンネルの地質分布

当社で有する全無巻トンネルの地質分布は、図-8に示す通り堆積岩が40.8%, 深成岩が35.5%, 火山岩が22.4%とこの結果でも深成岩の比率が多くなっており安全性が高いことを示している。

10. むすび

以上の結果から、過去のトンネルでは、設計巻厚を下廻っても大きな支障がないこと、無巻トンネルでは崩落事故がないこと、地質は深成岩はほとんど事故がないこと、さらにこれらのトンネルはいずれも手掘りの不定形トンネルであり今後TBMを使用し円形のトンネルとすれば安定性が一段と良くなることから、特に深成岩では無巻トンネルの採用も含めて大幅な合理化が可能と考えられる。

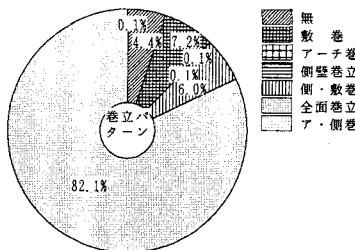


図-1 トンネルの巻立パターン

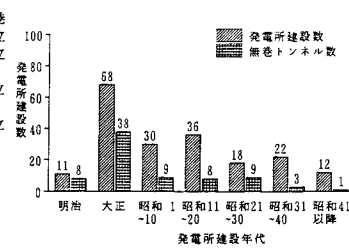


図-2 発電所建設年代

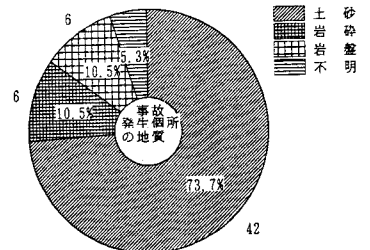


図-3 事故発生個所の地質

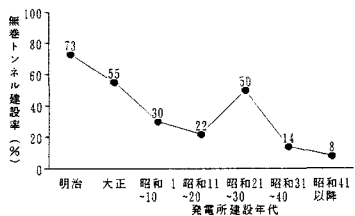


図-4 無巻トンネルの建設年代

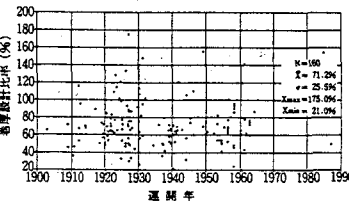


図-5.1 巻厚設計比率 (アーチ)

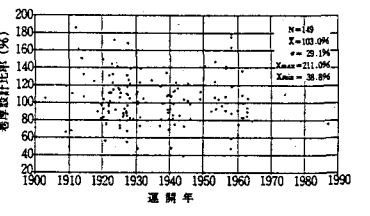


図-5.2 巻厚設計比率 (側壁)

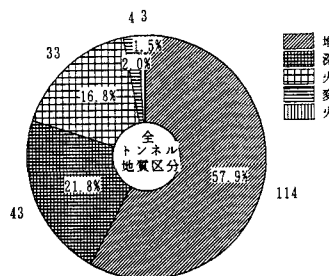


図-6 全トンネルの地質区分

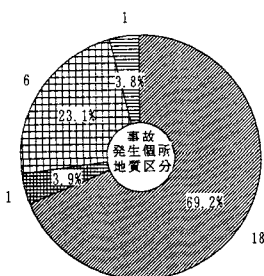


図-7 事故発生個所の地質区分

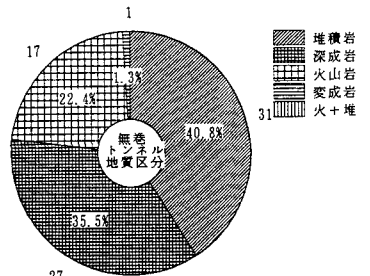


図-8 無巻トンネルの地質区分

<参考文献>

- 1) 阿部壽, 庄司忠悦, 前田長友: 水力発電所導水路の事故分析, 電力土木, No199, (1985-11)
- 2) 阿部壽, 荒川高而, 斎藤裕: 水力発電所導水路の健全度診断について, 電力土木, No223, (1989.11)