

VI-111

導水路トンネル無巻区間の判定基準に関する研究

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

1. まえがき

水力開発の最大の課題は建設費の低減であり、効果の高いコストダウン対策の導入が求められている。

このような中で、筆者らは主に実態調査の結果から、技術的には新設導水路トンネルにおいても無巻区間を設けることが可能であること、これを実施した場合には導水路トンネル建設費が約1/2に低減されコストダウンの効果が大きいこと、地質的には深成岩が最も適していること¹⁾を明らかにしたので、今回は更に無巻トンネルの詳細地質調査を行い、深成岩についてどんなところを巻立て、どんなところを巻立てなくともよいかという判定基準(以下「無巻判定基準」という。)を作成したので報告する。

2. 無巻トンネルの地質調査

(1) 無巻トンネルの岩盤分類

当社の有する無巻トンネルのある76発電所のうち、23発電所のトンネルについて地質調査を行い、硬岩と軟岩にわけて無巻部がどのような岩盤であるか分析した。

a. 分類に使用した基準

岩盤を分類する方法は多数あるが、簡易な調査で分類できることなどから電中研式岩盤分類を用いた「岩級区分」と、表-1に示す「分類要素別の評価」²⁾を行うとともに、表-2に示す「割れ目のパターンによる区分」も行うこととした。

b. 硬岩

硬岩については、深成岩、火山岩および堆積岩に分けて分析を行ったが、ここでは主に深成岩について記述する。

(a) 岩級区分(図-1)

無巻区間の岩級は、 C_H と C_M がほとんどであり、 C_H が全体の79%を占めるが、 C_M も17%を占めており、 C_H への集中度がやや低く判定要素として採用することは不相当と判断した。

(b) 固結度(図-2)

固結度は、表-2に示す1~5の整数で分類要素の段階を示す。(以下各分類要素とも同様)

無巻区間の固結度は、段階2(H_2)と段階3(H_3)がほとんどであり、段階2(H_2)が全体の83%を占め、段階3(H_3)は10%に止まっている。段階2(H_2)への集中度が高く判定要素として採用できる。堆積岩では、この傾向が見られない。

(c) 風化・変質(図-3)

無巻区間の風化・変質は、段階2(W_2)と段階3(W_3)がほとんどであり、段階2(W_2)が全体の87%を占め、段階3(W_3)は10%に止まっている。段階2(W_2)への集中度が高く判定要素として採用できる。

(d) 割れ目間隔(図-4)

無巻区間の割れ目の間隔は、段階4(J_{14})が全体の51%、次に段階3(J_{13})が全体の38%、段階2(J_{12})が全体の10%となっている。段階4(J_{14})以上への集中度が高く判定要素として採用できる。堆積岩では、この傾向が見られない。

(e) 割れ目の性状(図-5)

無巻区間の割れ目性状は、段階2(J_{r2})と段階3(J_{r3})がほとんどであり、段階2(J_{r2})が全体の83%を占め、段階3(J_{r3})は13%に止まっている。段階2(J_{r2})以上への集中度が高く判定要素として採用できる。

(f) 割れ目パターン(図-6)

無巻区間の割れ目パターンは、表-3に示す区分により、Yが全体の88%を占め、Xが8%、Zが4%に止まっている。X、Yへの集中度が高く判定要素として採用できる。

c. 軟岩

電中研式岩盤分類は硬岩を対象としたものなので、軟岩については表-3に示す独自の基準を作成した。これに基づき調査した軟岩の岩級区分を図-7に示す。

調査した軟岩のうち、軟-Iに分類されたものは、火山岩で93%、堆積岩で97~86%となっており、いずれの場合も軟-Iへの集中度が高く判定要素として採用できる。

(2) 無巻トンネルの湧水状況(図-8)

無巻トンネルの湧水箇所数は、軟岩よりも硬岩に多く、硬岩では延長100m当り2.4~4.8箇所となっている。

これらの湧水の程度は、にじむ程度、滴水程度あるいは集中湧水の局部的な湧水で、全面的な湧水はほとんど見られない。従って、湧水の程度を判定要素として採用できる。

(3) 無巻トンネルの落石発生状況(図-9)

平均直径30cm以上の落石が確認された箇所は、深成岩で延長100m当り0.13箇所、火山岩で同0.61~1.85箇所、堆積岩で同0.13~1.71箇所となっており、深成岩が最も少ない。

3. 無巻判定基準

以上の実態調査の結果、深成岩についての無巻判定基準を定めることとした。下記の各条件が全て満足された場合に無巻にできると判定するものである。

- ・ 固結度が段階2 (H_2) 以上であること
- ・ 風化・変質が段階2 (W_2) 以上であること
- ・ 割れ目の性状が段階2 (J_{f2}) 以上であること
- ・ 割れ目のパターンがX, Yであること
- ・ 割れ目の間隔が段階4 (J_{i4}) 以上であること
- ・ 全面湧水が無いこと

実際にこれを適用すれば調査した既設の無巻トンネル延長の80%程度がこれに該当するという結果となり、さらに過去に巻立てた区間も再調査すればかなりの区間でこの条件を満たすと考えられるので、無巻判定基準としては妥当なものと考えられる。

4. あとがき

地質調査結果の分析を行い、深成岩の無巻判定基準を決定することができた。本結果については、今後建設する導水路トンネルの巻立計画に反映することとする。

今後は、深成岩以外の岩盤についても、落石発生個所の岩盤条件の分析、層理および割れ目の走行・傾斜の分析を行って岩盤条件を絞り込み「無巻判定基準」を定めることとしている。

<参考文献>

- 1) 安藤清美, 阿部壽, 柴田一成:「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」, 土木学会第48回年次学術講演会, 1993.9
- 2) 斉藤和雄:「トンネルを対象とした電中研式岩盤分類の数量化の試み—火成岩地域におけるNATMへの適用—」, 電力中央研究所研究報告, U91059, 1992.4

表-1 分類要素別の評価

分類要素	評価	分類要素 (アイテム)			
		固結度 (ハンマーの打撃)	風化・変質	割れ目の間隔	割れ目の性状
段階	1	ハンマーの打撃で塊んだ音がする。 ハンマーで打撃しても、割れ目に沿って岩塊が剥離することはない。	新鮮～部分的に多少風化変質している。 岩質は堅硬である。	50以上	割れ目は垂直であり、風化生成物、粘土を挟まない。
	2	ハンマーの打撃で塊んだ音がする。 ハンマーの打撃によって割れ目に沿って岩塊が部分的に剥離することがある。	やや風化、変質しており、一般に割れ目沿いに変色している。 岩質は堅硬である。	25～50	割れ目は緩衝層(開口しても0.5mm程度以下)しているが、割れ目に沿って変色している場合が多く、ときには薄い粘土物質が付着する。
	3	ハンマーの打撃で多少塊んだ音がする。 ハンマーの普通程度の打撃によって、割れ目に沿って岩塊が剥離する。	風化、変質しており、多少変色している。 岩質は多少軟質である。	10～20	割れ目は開口し、粘土物質を挟むことがある。
	4	ハンマーの打撃で塊んだ音がする。 ハンマーの打撃によって割れ目に沿って岩塊が剥離する。	風化、変質しており、全体的に変色している。 岩質はかなり軟質である。	5～10	割れ目は著しく開口し、粘土物質を挟むことがある。
	5	ハンマーの打撃で著しく塊んだ音がする。 ハンマーによって、わずかな打撃を与えるだけで割れ落ちる。	著しく風化、変質している。 岩質は著しく軟質である。	5以下または岩石が著しく風化、変質して、粘土化や砂状を呈し、割れ目の存在は、不判である。	割れ目の間隔は、ほとんどない。あるいは岩石が著しく風化、変質して粘土化、砂状を呈し、割れ目の性状は不判である。

表-2 割れ目のパターンによる分類

名称	定義
X	単独の割れ目
Y	XとZの中間の割れ目
Z	格子状の割れ目

表-3 軟岩の岩級区分

名称	特徴
軟-I	ハンマーの打撃でピックが数mm突き刺さる。 ピックで削り落ちない。 ピックの打撃で細片状～岩片状に飛び散る。
軟-II	ハンマーの打撃でピックが数cm突き刺さる。 ピックで容易に割れる。

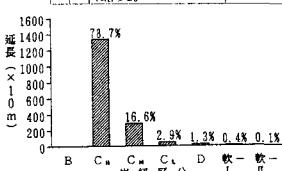


図-1 深成岩の岩級区分

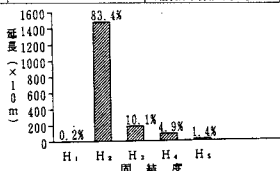


図-2 深成岩の固結度

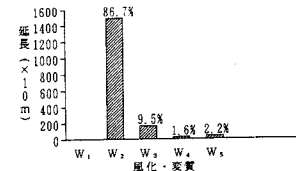


図-3 深成岩の風化・変質

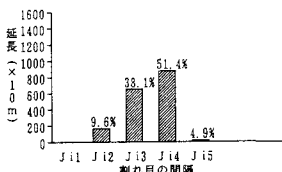


図-4 深成岩の割れ目の間隔

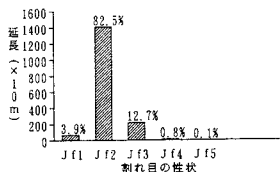


図-5 深成岩の割れ目の性状

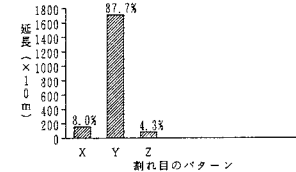


図-6 深成岩の割れ目のパターン

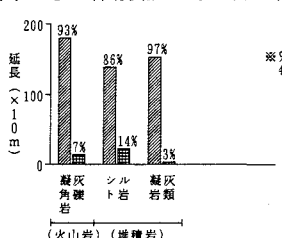


図-7 軟岩の岩級区分

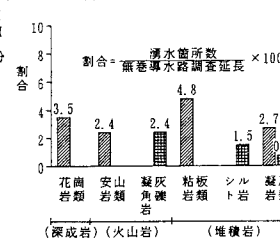


図-8 地質別湧水状況

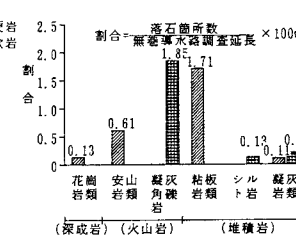


図-9 地質別落石発生状況