

VI-96

導水路トンネル無巻区間の判定基準に関する研究
— 総合評価手法の導入 —○ 東北電力（株）土木部
東北電力（株）常務取締役
東北電力（株）土木部正員 柴田 一成
正員 阿部 壽
正員 佐々木牧夫

1. はじめに

水力エネルギーは純国産エネルギーであり、エネルギーの有効活用の面からその開発が望まれている。しかし、水力エネルギー開発推進上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、当社の既設水力発電所導水路トンネル498kmの内、無巻区間が86km、17%を占めており、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と考えられること、さらには、導水路トンネルの無巻化を実施した場合の建設費の低減効果が大きいことから、導水路トンネル施工部の地質条件により、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断基準

（以下「無巻判定基準」という。）の作成を目的として平成4年度から研究を始めた。この結果、硬岩の地質別に7項目の判定要素を用いて無巻判定基準を定めることができたが、各判定要素相互の関係を把握し、多変量解析を用いて無巻判定を総合的に行ったので、その概要を報告する。

2. 既設導水路トンネルの調査

筆者らは、平成4年度に既設導水路トンネルの巻立方式と地質分布について分析を行い、無巻方式の採用の可能性を明らかにした。¹⁾ また、電中研式岩盤分類を用いて、既設導水路トンネル無巻区間の地質調査を行い、特に過去の事故発生が少なく、落石の発生も少ない深成岩類について無巻判定基準を定めた。²⁾

さらに、平成6年度までに、無巻区間の地質調査を追加実施し、無巻トンネル延長86kmの内54km（63%）の調査結果をもとに硬岩における地質毎の無巻判定基準を提案した。図-1に地質毎の調査実績、表-1に地質毎の硬岩の無巻判定基準を示す。なお、無巻判定基準に追記している割れ目の走向・傾斜は、調査結果から得られた地質毎の傾向を示している。

3. 判定要素の総合評価

無巻区間の地質調査結果から、表-1

に示すとおり、硬岩

の地質別に7項目の

判定要素を用いて無

巻判定基準を提案す

ることができたが、

各判定要素毎に独立

して定めた基準なの

で、各判定要素相互

の関係を把握し、多

変量解析を用いて、

定性的に表わされる

各判定要素の評価段階

に重み付けを行ない、

該当する評価段階の

重み係数の総和で表

わされる総合評価点

で無巻方式採用の可

否を判定することにより、

総合評価を行った。

(1) 各判定要素の評価段階の重み係数

解析手法は、評価の目的である無巻方式採用の可否と判定要素である地質条件が定量的に表わすこと

ができないため、多変量解析における数量化理論Ⅱ類を用いた。解析上は、評価の目的となる無巻方式

採用の可否を落石の有無（落石が有る個所およびその痕跡が有る個所は無巻にできないとした。）で区

分し、湧水区分を除いた6要素に割れ目の走向・傾斜の2要素を加えた8要素について解析を行った。

各判定要素の評価段階における重み係数は、表-2に示すとおりである。

重み係数から、無巻方式採用の可否を決定する最大の要素は、割れ目の性状であるといえる。

(2) 総合評価点

数量化理論Ⅱ類を用いて、他の要素との相関が低く、独立した要素である固結度、割れ目のパターン、

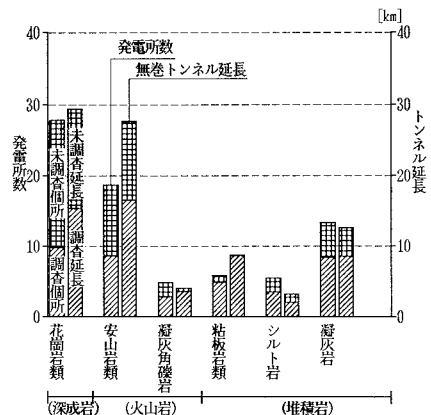
図-1 地質別無巻区間調査箇所数
ならびに調査延長

表-1 硬岩の無巻判定基準表

判定要素	深成岩	火山岩	堆積岩
岩級区分	C _H 以上	C _M 以上	C _M 以上
固結度	H ₂ 以上	H ₂ 以上	H ₂ 以上
風化・変質	W ₂ 以上	W ₂ 以上	W ₂ 以上
割れ目の間隔	J _{1.5} 以上	J _{1.5} 以上	J _{1.5} 以上
割れ目の性状	J _{1.5} 以上	J _{1.5} 以上	J _{1.5} 以上
割れ目のパターン	X, Y	X, Y	X, Y
湧水区分	全面湧水無	全面湧水無	全面湧水無
適用条件	各地質において、上記全ての判定要素の条件を満足すること。		
割れ目の走向	10°~70°	0°~90°	0°~90°
割れ目の傾斜	55°以上	65°以上	20°~90°

*1 粘板岩およびシルト岩については、割れ目の間隔の基準がJ_{1.5}以上となるため判定要素とはならない。

*2 安山岩および凝灰角礫岩ならびにシルト岩の割れ目の性状については、落石発生個所の調査結果より

無巻判定基準が設定された。

*3 割れ目の走向・傾斜は、調査結果から得られたデータの傾向を示した。

割れ目の間隔および割れ目の性状の4要素を用いて求めた総合評価点を地質別に図-2～5に示す。凝灰角礫岩およびシルト岩については、落石個所のデータが少なく、解析が不可能となっている。

表-2 地質別各判定要素の重み係数

		花 崗 岩	安 山 岩	粘 板 岩	凝 灰 岩
固 結 度	H1	0.0343	0.0295	-0.0081	-0.0423
	H2	-0.0143	0.0012	-0.0195	0.0307
	H3	0.0340	0.0109	0.1028	-0.0321
	H4	-0.0615	-0.0222	-0.3561	0.0196
	H5	0.2451			
パ 割 タ れ レ 目 の	X	0.1770	0.1363	0.0159	-0.0983
	Y	-0.0498	0.0141	0.0753	-0.1187
	Z	-0.0978	-0.1901	-0.3579	0.0175
割 れ 目 の 間 隔	Ji1	0.0296	0.0603	0.0080	0.0854
	Ji2	0.1162	0.0915	0.0242	0.1299
	Ji3	0.0165	0.0874	-0.0029	-0.0482
	Ji4	-0.0936	-0.1165	0.0131	-0.3393
	Ji5	-0.1602	-0.0982	-0.0204	
割 れ 目 の 性 状	Jf1	0.1701	0.2870	0.3877	-0.0385
	Jf2	0.1951	0.2547	0.3721	0.1387
	Jf3	-0.0964	-0.2679	-0.2602	-0.1587
	Ji4	-0.6294	-0.4628		

注1) 岩級区分と風化・変質は、判定要素間の相関が強いので従属変数として解析から除いている。
 注2) 湧水区分は、データが少なく、目標観測で用意に判定できるため、解析には用いていない。
 注3) 割れ目の走向・傾斜は、目的変数との相関が弱いので解析から除いている。

4. おわりに
 多変量解析における数量化理論Ⅱ類を用いることにより、他の要素との相関が低く、独立した要素である固結度から割れ目の性状までの4要素で総合的に評価できることが判った。
 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したいと考えており、建設費の低減に大きく寄与できるものと期待している。

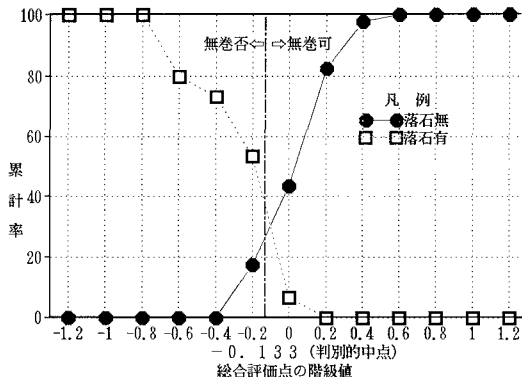


図-2 総合評価点の累計率（花崗岩）

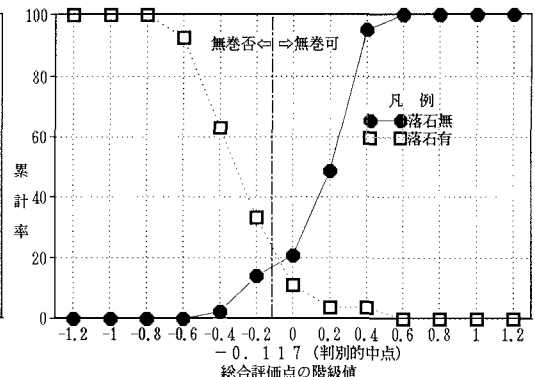


図-3 総合評価点の累計率（安山岩）

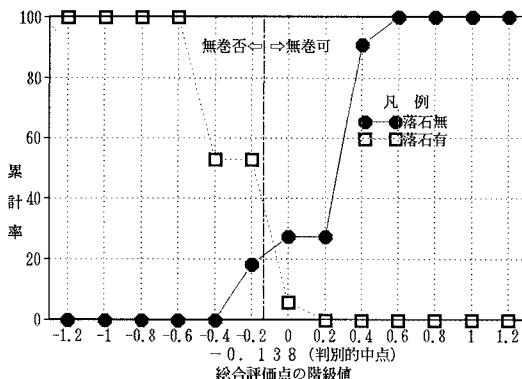


図-4 総合評価点の累計率（粘板岩）

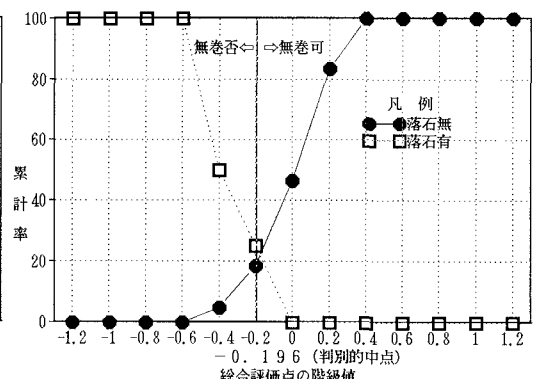


図-5 総合評価点の累計率（凝灰岩）

<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, 第48回土木学会年次学術講演会, 1993, pp244~245.
- 2) 柴田一成, 阿部 壽, 安藤清美: 導水路トンネル無巻区間の判定基準に関する研究, 第48回土木学会年次学術講演会, 1993, pp242~243.