

III-255 切羽観察に基づく内空変位量の予測について

佐藤工業株式会社 正会員 ○西野治彦
佐藤工業株式会社 正会員 篠川俊夫

1. はじめに トンネル工事においては、事前調査に基づく当初設計の段階で地山条件をトンネル全長にわたって詳細に把握することは難しく、掘削に伴う地山の挙動を的確に予測することは困難である。このため、掘削中に観察および計測を行ない、地山条件とそれに対応する設計・施工を必要に応じて修正しながら実際の施工にあたらなければならない。ここでは、あるトンネルについて、事前調査および切羽観察から得られたそれぞれの地山条件を用いて2つの内空変位量の予測値を求めた。それらの予測値と実測値との比較を行ない、切羽観察の有効性および掘削中の情報と内空変位量との関係について検討を行なった。

2. 調査・当初設計 本トンネルの事前調査から得られた地質概要を図-1に示す。地山分類および当初設計支保パターンは、道路公団方式の地山分類および標準支保パターンに

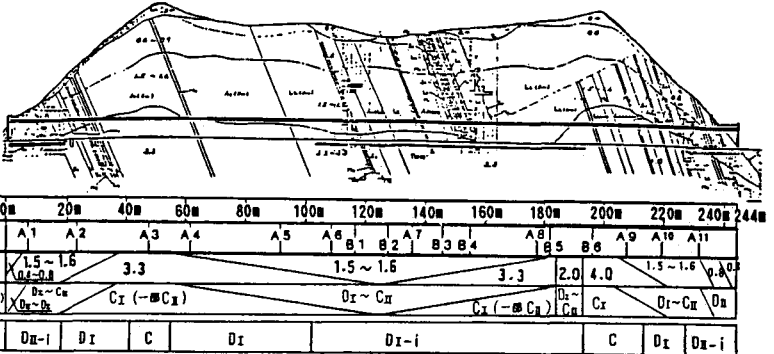


図-1 事前調査に基づく地質概要および当初設計支保パターン

基づいている。表-1に各支保パターンの詳細を示す。地山物性値については、地山分類より推定し¹⁾、下限値LOWER ~ 上限値UPPERの幅をもたせた(表-2)。これらの支保パターンおよび地山物性値を用いて、特性曲線法²⁾による内空変位量の計算を行なった。その結果を表-3に示す。なお、内空変位量とは上半掘削後の内空変位の収束値である。

表-1 支保パターン

支保パターン	D_{II-i}	D_I, D_{II-i}	C
半径 R (m)	5.20	5.05	5.00
換算半径 R' (m)	3.68	3.57	3.54
吹付厚 (cm)	20	15	10
鋼製支保工断面積 (cm ²)	200H	150H	125H
鋼製支保工断面積 (cm ²)	63.93	40.14	30.31
間隔 (m)	1.0	1.0	1.2
ロックボルト (L=長さ, e=掘方向間隔, p=掘新方向間隔)	L=4.0m e=1.2m p=1.0m	L=4.0m e=1.2m p=1.0m	L=3.0m e=1.5m p=1.2m

表-2 計算に用いた地山物性値

地山物性値番号	①	②	③	④
対応する地山分類 (道路公団方式)	$D_{II} \sim D_I$	D_I (一部 C_{II})	$D_I \sim C_{II}$	$C_{II} \sim C_I$
	LOWER ~ UPPER	LOWER ~ UPPER	LOWER ~ UPPER	LOWER ~ UPPER
粘着力 C (kg/cm ²)	1 ~ 15	3 ~ 18	5 ~ 20	10 ~ 35
内部摩擦角 ϕ (°)	10 ~ 40	20 ~ 45	23 ~ 47	30 ~ 54
弾性係数 E (kg/cm ²)	1000 ~ 5000	2000 ~ 7000	3000 ~ 10000	10000 ~ 20000
ポアソン比 ν	0.45	0.4	0.4	0.35

表-3 内空変位量 [上半掘削] の計算値 (mm)

地山物性値番号	①	②	③	④
支保パターン	LOWER UPPER	LOWER UPPER	LOWER UPPER	LOWER UPPER
D_{II-i}	1.8 1.0	— —	1.2 1.0	— —
D_I	4.4 3.2	4.2 2.6	3.8 2.0	2.0 1.2
D_{II-i}	— —	— —	— —	— —
C	— —	— —	— —	2.4 1.4

3. 管理基準 図-2に当初設計における内空変位量の管理基準を示す。表-3の計算値のうち、物性値UPPERを用いた計算値をLINE1、物性値LOWERを用いた計算値をLINE2とした。LINE3は換算半径の1%の値である。これらのLINEによりレベルI~IVに分け、I~IIは通常状態、IIIは注意状態、IVは対策が必要な状態として管理を行なった。なお、●は内空変位量の実測値である。本トンネルにおいては、全ての実測値がレベルIII以下であり、当初設計支保パターンのままで施工を行なっている。

4. 当初設計と実測値の比較 図-2におけるレベルII(斜線部)は、事前調査に基づく地山分類から地山条件を設定して求めた内空変位量の予測値に相当し、実測値と定性的によく一致している。しかし、両者にかなりの差異が生じている断面も認められるが、この原因として以下のことが考えられる。

①事前調査による地山評価が、実際と異なっていた。

②節理の状態や方向等の詳細な情報が、事前調査では十分に把握できなかった。

5. 切羽観察 事前調査から求めた内空変位量の予測値と実測値との差異の原因が①、②によるものかを明らかにするため、掘削中の切羽観察において、地山分類の再評価およびRMR値、Q値等の地山評価に必要な節理状況の情報収集を行なった。図-3の斜線部は、切羽観察から得られた地山分類に基づき地山条件を設定し直して求めた内空変位量の予測値である。切羽観察によれば、A4, A5, A10 付近において地山は比較的健全であり、事前調査に基づく地山分類よりやや高い地山分類となっており、逆に、B1, B2付近では風化が著しく事前調査に基づく地山分類よりやや低い地山分類となっていることが分かった。図-2, 3の斜線部を比較すれば、切羽観察から求めた内空変位量の予測値（図-3の斜線部）のほうが、事前調査から求めた内空変位量の予測値（図-2の斜線部）より実測値に近くなっているのが認められる。

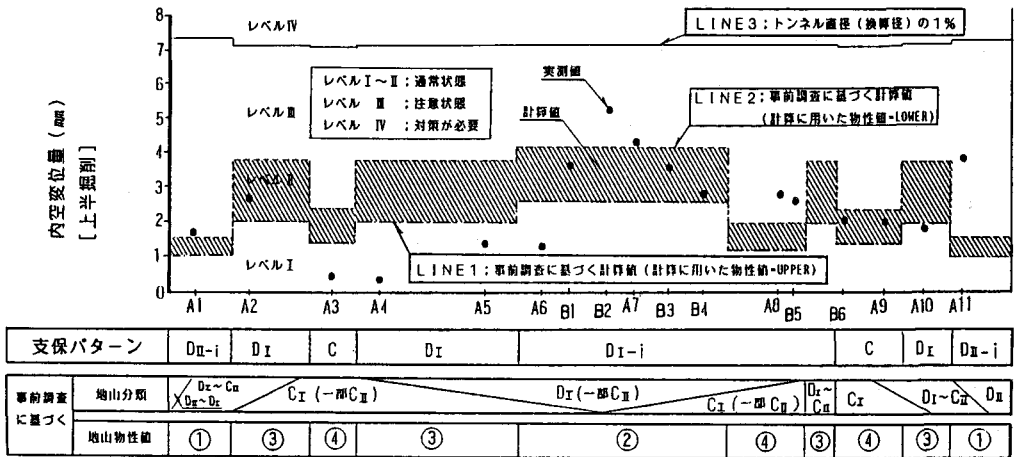


図-2 事前調査に基づく内空変位量の計算値および管理基準

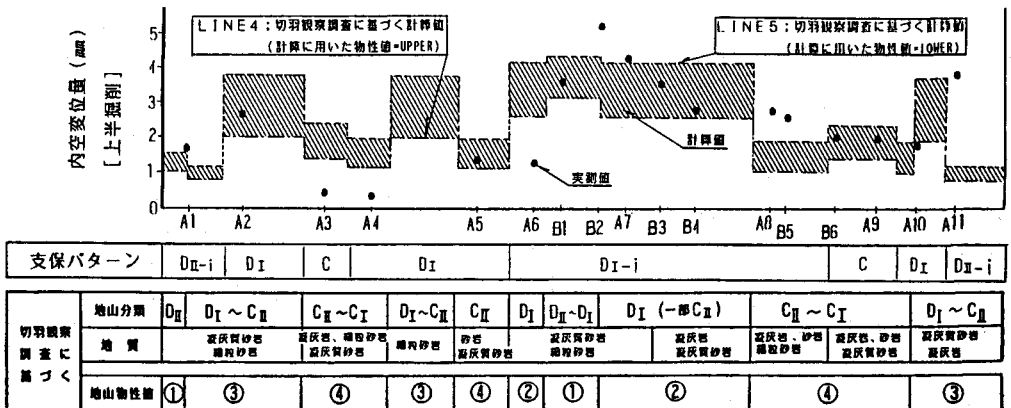


図-3 切羽観察に基づく内空変位量の計算値

6. おわりに 切羽観察により再評価した地山分類に基づいて地山条件を設定し、特性曲線法で計算すれば、ある程度正確に内空変位量を予測できることが分かった。その際の計算値と実測値の差異についてはRMR値、Q値等の地山評価手法を用いて検討できるのではないかと考えられる。今後は、さらに切羽観察データの収集を行ない、地山評価点と内空変位量との関係を明らかにし、特性曲線法を生かした合理的かつ正確な内空変位量の予測法を確立していきたい。

参考文献 1)日本応用地質学会, 岩盤分類(1984) 2)西野、矢田, 第41回土木年講, VI, pp.43-44(1986)