

トンネル膨張の事前定量化の試み



大竹 照光

1. まえがき

トンネル等の地質調査で岩石供試体の超音波伝播速度を測定してみると、これが地山の弾性波速度よりも遅くなることがある。

この場合には、“膨張性地山トンネル”となることが多いようで、事前調査の場合に膨張性を予測するひとつの根拠ともなる。

ここでは、弾性波の伝播速度を利用して膨張の「量」を事前に推定することを試みた。

2. 考え方

岩石供試体の超音波伝播速度が地山の弾性波速度よりも遅くなるのはなぜなのか？

原因はいろいろあるだろうが、岩石供試体を地中から取り出すと相応に膨張する、そして、その分だけ伝播時間が余計にかかるためと考える。

イメージを具体的に表現すると図2-1のようになる。

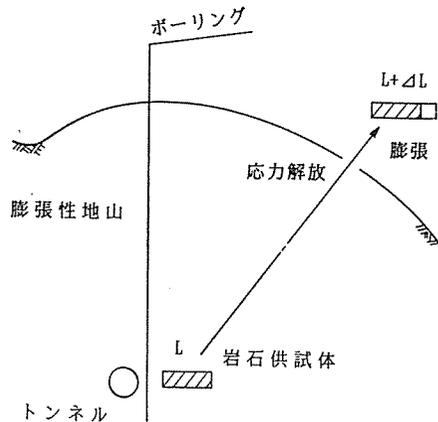


図2-1 岩石供試体の膨張

すなわち、地中で長さLだけあった供試体がボーリングコアとして大気中に取り出されることによって ΔL だけ膨張し、全体の長さが $(L + \Delta L)$ となる。

地山での弾性波速度を V_p' 、供試体の超音波速度を V_p とすると、膨張量 ΔL は次式で表わされる。

$$\Delta L = L \cdot (V_p' / V_p - 1) \dots\dots(1)$$

V_p や V_p' は実測値をそのまま利用できるが、問題は長さLをどのように考えるかである。

ここでは、この長さとしてトンネル周辺に形成される「塑性領域の幅」(半径

方向長さ)をあてはめる。

この考え方を図2-2に示したが、塑性領域幅をそれなりの理屈をつけて求めるにはどうしても理論解に頼らざるを得ない。

図2-2において、地山を均質な弾性体とし内側からの圧力 $P_i = 0$ と仮定した場合、トンネル掘削によって形成される塑性領域幅(=L)は理論上次式によって求められる¹⁾。

$$L = C - r_a = r_a [2 \cdot P (\xi - 1) / q_u (\xi + 1)]^{1/(\xi - 1)} \dots (2)$$

ここで、C : 塑性領域半径

r_a : トンネル半径

P : 土被り圧

ξ : $(1 + \sin \phi / 1 - \sin \phi)$

ϕ : 地山の内部摩擦角

q_u : 地山の一軸圧縮強さ

膨張量(=ΔL)は、式(2)から求まるLを式(1)に代入することで算定される。

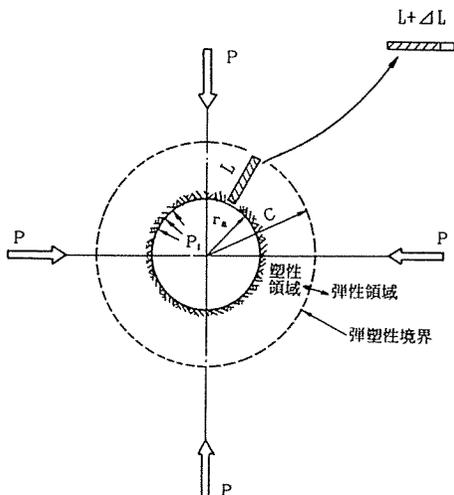


図2-2 トンネル周辺地山の応力状態

3. 適用例

このような考え方をすでに供用されている「折爪トンネル²⁾」(東北自動車道八戸線)に適用してみると以下のようなになる。

〈地山条件〉

(上り線STA.100+20付近)

- 地質 : 火山礫凝灰岩
- 地山弾性波速度 : 2.4 (km/s)
- 土被り厚さ : 85 (m)
- 単位体積重量 : 1.8 (tf/m³)
- 岩石超音波速度 : 1.83 (km/s)
- 内部摩擦角 : 22 (°)
- 一軸圧縮強さ : 8.7 (kgf/◎)
- トンネル半径 : 5.1 (m)

〈計算結果〉

- C=8.88 (m) → L=3.78 (m)
- ΔL=118 (cm) (膨張量)

〈解釈〉

計算結果からは膨張量が118 (cm)となる。ただ、これはトンネルを素掘りとした場合の値と解釈される。

実際には吹付けコンクリートや支保工などがあるから、これほどの膨張量はみられなかった(実際には70cm程度)。

図2-2において P_i を作用させた場合の塑性領域半径を求めることは可能で、 P_i さえわかれば実際の施工実態に即した膨張量をも推定できることになる。

4. 問題（反省）点

この種の問題については有限要素法などでもっと精度の高い試算も可能であるし、理論解でも対応はできる。また、塑性領域幅を求めるのに弾性理論を使っていることなど反省の材料は多い。

しかし、最も気になるのは、岩石供試体の超音波速度を測定する際の方法とその精度である。

膨張するぐらいであるから、実際の測定は相当にやっかいである。含水比の変化などがないように注意し、慎重に実施しないととんでもない結果となる。

それから、トンネルの地質調査では弾

性波探査はけっこう多用されるが、供試体の超音波速度は測定されない場合も多く、寂しい思いをする。これには「設計定数」として直接使いにくいなどのことも関係があるのだろうかと思像している。

〈参考文献〉

- 1) 日本道路公団、「設計要領・第3集・トンネル」、P43、昭和60年3月
- 2) 北林・井出、「脆弱な凝灰岩地山におけるNATM」、トンネルと地下、Vol.13、No.8、P7-16、1982年8月

(川崎地質俵)

