

Ⅲ-B77

トンネル支保に作用する荷重の評価に関する考察

建設省土木研究所 正会員 砂金 伸治

同 上 正会員 真下 英人

同 上 正会員 鈴木 正彦

1. はじめに

経済的で力学的にも安定な支保の設計を行う場合、支保に加わる荷重の大きさを評価し、それに基づいた設計をすることが望ましいが、その評価は実際には困難である。設計に用いる荷重値を解析で算定する場合、地山を連続体と仮定しているケースが多いが、既往のトンネル掘削時における種々の計測結果を検討してみると、土被りが変化しても、変位がそれに見合って変化せず、連続体とは言い難い挙動をする場合がある。その理由として、地山自体に亀裂が存在し、その影響により連続体に近似できる挙動をする地山とそうでない地山があると考えられるためである¹⁾。それぞれの地山の特性に対応した力学理論を用いて設計することが本来は望ましく、その場合においても地山から支保に加わっている荷重の評価を行っておく必要がある。

本研究では、既往のトンネルでの変位計測結果を用い、骨組み解析により、その支保の変形量がどの程度の荷重を受けて変形したものを検討し、切羽観察表の評価と関連させて比較を行った。

2. 解析方法

本研究における荷重の算定は2次元骨組み解析により行った。すなわち、図-1に示すようにトンネルの覆工を骨組みと仮定し、さらに覆工の地山に対する主働土圧を考慮できる地盤反力バネを半径方向に取り付け、これらに鉛直方向に等分布荷重、水平方向に深度方向の荷重増分を考慮した台形荷重を載荷した。解析に使用したトンネルの諸元を表-1に示す。各トンネル毎で、地質が均一、支保パターンが同一、かつ湧水が支保パターン変更に与える影響がない断面の変位データを用いた。それらにはトンネル全線にわたって、内空変位の変位率(掘削径に対する内空変位の比)、および土被り厚が相対的に大きい断面と小さい断面のデータを含んでいる。実際の計測Aで得られた天端沈下量と内空変位量の収束値に適合した変位量を発生するように、支保に作用させる荷重と側圧係数を変化させた。また、骨組み要素はロックボルトについては考慮しないものとし、覆工の剛性は吹付けコンクリートとH鋼の断面積に基づいた等価な剛性を算定し、ポアソン比は0.3とした。また、骨組みの節点の拘束条件は、脚部は鉛直方向、天端は水平方向で固定とした。なお、地盤バネ定数の算定にはECL工法指針(案)²⁾に示される地盤反力係数を基に算定した。

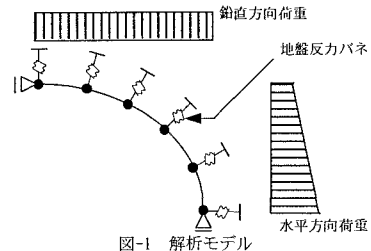


図-1 解析モデル

表-1 解析使用トンネル諸元

トンネル名	岩種	支保パターン	トンネル掘削幅B(m)	単位体積重量(g/cm ³)
A	花崗岩	C II	11.2	2.60
B	砂岩	C II	11.8	2.37
C	頁岩	C II	12.2	2.75
D	風化花崗岩	D I	13.2	2.30
E	砂岩、粘板岩	D I	12.9	2.58
F	泥岩	D I	12.1	2.50

表-2 各トンネルの側圧係数解析結果

トンネル名	側圧係数
A	0.56~0.65
B	0.59~0.65
C	0.53~0.63
D	0.62~0.67
E	0.60~0.69
F	0.47~0.51

3. 解析結果

支保に加わっている荷重の大きさの評価は、解析的に求めた荷重をその断面における土荷重高さ H_0 に換算し、それぞれを表-1に示したそのトンネルの掘削幅 B で除したもので、すなわち H_0/B を用いて行った。また、各トンネルで解析的に算定した側圧係数については表-2に示すとおりであった。

キーワード：地山挙動、切羽観察、連続体、支保設計、トンネル

〒305-0804 茨城県つくば市旭1 Tel:0298-64-4689 Fax:0298-64-0178

連続体に似た挙動を示す地山の場合、地山の變形係数が概ね一定と仮定すると、発生する変位量と土被りが比例関係に近いと考えられる。また、この場合は H_0/B と土被りの間にも概ね比例関係が成立すると言える。逆に連続体とは言えない挙動をとる地山は H_0/B の変化が土被りの変化とは傾向が一致せず、断面直上の地山の緩んでいる部分が荷重として加わっていると考えられる。以降に解析結果を示す。

図-2 に A トンネルの解析結果を示す。このトンネルは、変位と土被りの変化が概ね見合っていたトンネルで、連続体に近い地山と考えられるものであった。切羽観察表によると割目はあると報告されていた断面が多い。土被りが増加するに従い、 H_0/B の値も増加していく傾向が分かる。そのため、作用している荷重を評価する場合、最大荷重の評価等が必要になる。

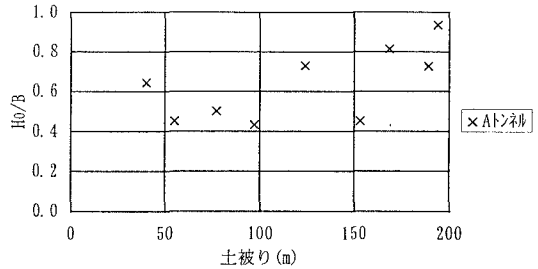


図-2 Aトンネル解析結果

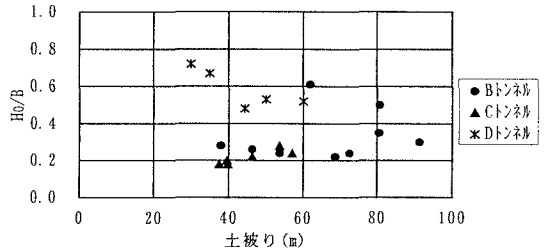


図-3 B~Dトンネル解析結果

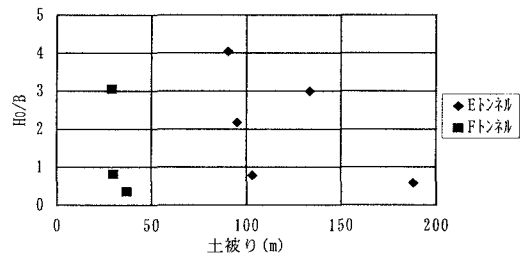


図-4 E~Fトンネル解析結果

総じて、各トンネル毎に土被りの変化に H_0/B の値の変化が見合っておらず、またその変化する範囲のばらつきも少ないことが分かる。以上より、これらのトンネルは連続体の挙動を示すとは言えないが、支保に加わる荷重の大きさは評価しやすいことが分かる。またトンネル毎に H_0/B の値の分布や上限が概ね定まっていることについては、地山の物性や性状が大きく影響していると考えられる。これらの各トンネルについては切羽観察表と照合したところ、割目がある、または多いと報告されている断面が多かった。

図-4 に E トンネルと F トンネルの解析結果を示す。両トンネルとも H_0/B の変化は土被りの変化と無関係であり、かつその値のばらつきも B~D トンネルと比較して非常に大きく、土被りが同程度でも荷重のばらつきが大きいことが分かる。切羽観察表によると、E トンネルについては、亀裂の影響が非常に大きく、F トンネルについては亀裂の影響とともに粘板岩を不規則に挟む傾向が見られていた。このようなトンネルについては荷重の評価について十分検討する必要がある。

4. おわりに

変位計測結果を用いた骨組み解析の結果、トンネル支保に加わる荷重は地山の持つ特性により異なることが分かった。すなわち、連続体に近似できる挙動をする地山では土被りと支保に作用する荷重が概ね比例関係にあり、また亀裂の多い地山の中には作用する荷重の上限の値がほぼ一定になるものもあることが分かった。しかし地質によりその作用荷重に大きくばらつきを生じる地山も見受けられた。今後は地山の特性を詳細に検討し、地山が上記のどの種別に属するのかを把握する必要がある、また変位データによる照合に加え、計測 B による支保応力のデータとの照合も行い、支保に作用する荷重の大きさを評価していく必要がある。

参考文献

- 1) 砂金・真下・鈴木：トンネル掘削時の地山挙動に関する一考察，土木学会第 52 回年次学術講演会概要集，Ⅲ (B) -pp. 96~97，平成 9 年 9 月
- 2) ECL 工法指針 (案) [設計編]，pp. 11~12，日本トンネル技術協会，平成 4 年 3 月