

(株) 熊谷組技術研究所 正員 大塚 本夫

同上 正員 上野 正高

同上 正員 〇田中 朗彦

1. はじめに

近年、トンネル工事では、さまざまな計画が行なわれているが、その結果を後の施工にどのように反映させてゆくか、非常に大事なポイントとなる。トンネルに作用する荷重や外力を直接観測することは、難しいので、一般によく行なわれる計画の結果を用いて、これを反作用的に求める方法について考察してみたい。ここでは、① ストレインゲージ、ロードセル、カールソン型ひずみ計等によって求められる支保工や覆工の軸力から、外力を想定する方法、② コンバージェンスメーター等から求められるトンネルの内空変位より外力を想定するという二つの方法について、述べることにする。

2. 軸力から求められる外力ベクトル

Fig. 2-1 は、現在施工中の A トンネルで計測された、支保工の軸力分布である。この軸力分布から外力ベクトルを求めるわけであるが、この場合、覆工(支保工を含む)をいくつかの部材に分割し、各部材の軸力を一定として、各節点ごとに、軸力と外力ベクトルの釣り合いから節点に加わる外力ベクトルを算定する。(Fig. 2-2 参照)

このように、軸力との釣り合いにより連力図から求めた外力ベクトルは、Fig. 2-3 のようになる。求めた外力ベクトルが、実際に覆工に加わる外力と、どの程度適合しているか、その再現性を確かめる必要がある。そのため、任意の平面骨組構造解析プログラムにより、求めた外力ベクトルを覆工モデルに作用させて、断面力を計算し、実際に観測された軸力と比較してみる。Table. 2-1 は、計測された軸力と、電算結果との比較表である。電算結果による軸力は、計測された軸力とほぼ一致しており、誤差は極めて少なく、従って上記の方法で求めた外力ベクトルの再現性は、非常に高いものといえる。外力ベクトルを作用させて求めたモーメント、せん断力の分布を Fig. 2-4, 2-5 に示す。

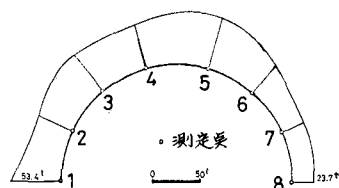


Fig. 2-1

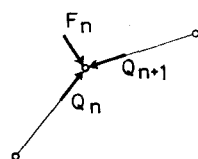


Fig. 2-2

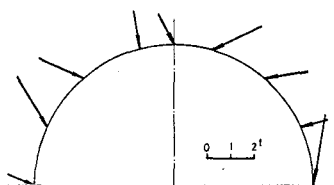


Fig. 2-3

Table. 2-1

項	測	測	電
1	53.4	53.1	
2	39.8	39.4	
3	49.4	49.6	
4	47.2	47.6	
5	54.5	54.5	
6	36.8	36.6	

7	25.6	24.4
8	23.7	22.7

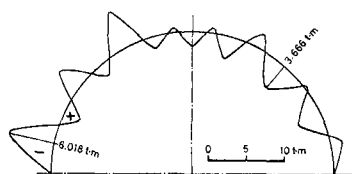


Fig. 2-4

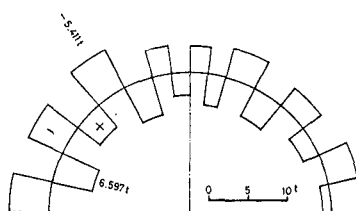


Fig. 2-5

3. 内空変位より求められる外力ベクトル

トンネル壁面の変位を測定するには、トンネル壁面に測定ピンを設置して、各測定ピン間の相対変位を測定するコンバージェンスと呼ばれるものが一般に行なわれる。これによって、変位速度などの程度になっているが、また、切羽の露露や、変位の収束時期等の傾向を知ることができるが、ここでは、新しい試みとして、測定された変位を、強制変位として覆工モデルに与え、相対変位を再現し、外力状態や断面力を算出した。Fig. 3-1は、Bトンネルで測定したコンバージェンスメーターの測定位置とその変位量である。

この変位量を、覆工モデルに強制変位として与え、前述の平面骨組構造解析プログラムで計算すると、断面力が得られる。電算によって得られた内空変位図を Fig. 3-2 に示す。モデルでは、測定点③を固定点として考えているので、強制変位として与えたのは4点であるが、変形の性状は、実際にトンネルで見られる変形によく一致しているようである。また、このプログラムで解析すると、各断面力だけでなく、強制変位を与えた点の反力が得られる。この反力は、いうまでもなく、変形を引き起こしている外力である。この様にして、内空変位量を強制変位としてモデルに与えると、覆工に作用する外力ベクトルを求めることができる。Fig. 3-1の変位量から求めたモーメント、軸力、せん断力と外力ベクトル図を Fig. 3-3～3-6 に示す。

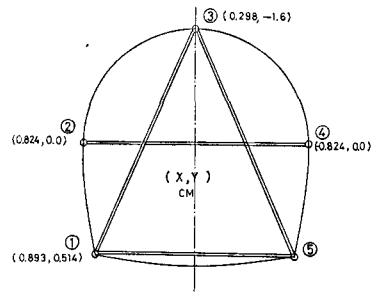
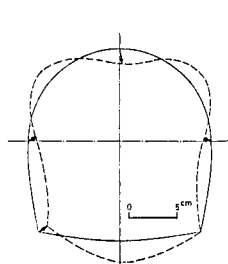
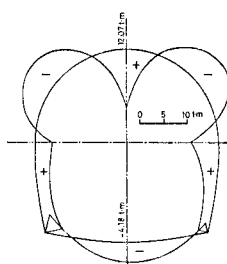


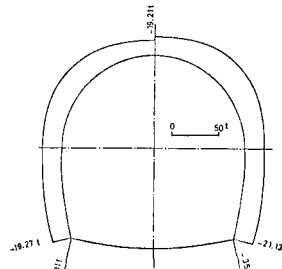
Fig. 3-1



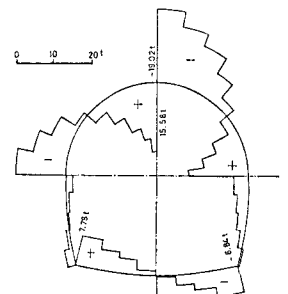
内空変位図
Fig. 3-2



モーメント図
Fig. 3-3



軸力図
Fig. 3-4

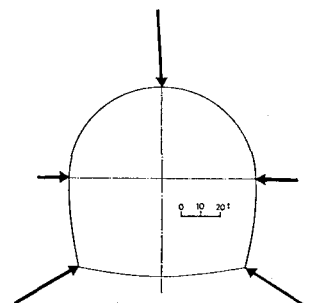


せん断力図
Fig. 3-5

4. まとめ

- 1) 覆工に作用する外力の測定方法の一つとして、断面の軸力、曲げモーメント、せん断力を求めて、外力と内力との釣り合い条件より外力ベクトルを求める方法があるが、ここでは、測定された軸力より外力ベクトルを算出し、精度的にも満足されるものであることが解った。
- 2) トンネル壁面の相対変位の測定結果を用い、外力ベクトルを求める方法は、強制変位点の多ければ多い程、実際の荷重状態に近づくわけであり、その再現性は、先に考察した軸力から外力を想定する方法よりも高いといえる。

ただし、測定した相対変位量を、絶対変位量としてとらえる必要があり、今後、測定位置やその方法などを、検討する必要がある。



外力ベクトル図
Fig. 3-6