

トンネルの断面形状と覆工応力の関係

信州大学工学部 学生員 ○小林 真和
 信州大学工学部 正 員 長 尚
 国鉄技術研究所 正 員 岩 井 徳 雄

1. まえがき

トンネルの覆工の形状と発生する応力の定性的な傾向のみならず、これを定量的に把握することは非常に重要である。本文は図-1に示すような、3種の覆工の形状について、次に示す2種の計算法により応力を求めて覆工の形状と覆工応力の関係の定量的な比較を述べようとするものである。

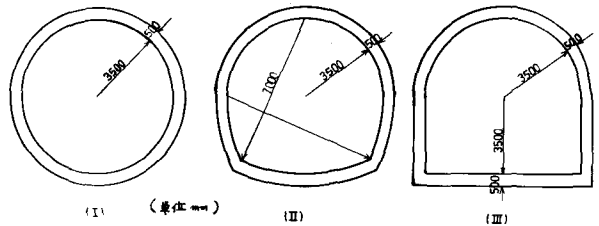


図-1

2. 計算法

計算法-A: 覆工を独立な構造物と考

え、これに直接上下垂直荷重 ($W \text{ t/m}$) と、左右水平荷重 ($\alpha W \text{ t/m}$) が作用するものとして計算する。計算法-B: 覆工とその周辺地山 (60m 四方) とを一体と考え、その外周に A の場合と同様な荷重が作用するものとして、有限要素法を適用して計算する (図-2)。なおこの場合、覆工の弾性係数 $E_c = 300000 \text{ kg/cm}^2$ 、地山の弾性係数 $E_R = \gamma E_c$ 、ポアソン比 $\nu = 0.16$ とした。

3. 計算結果

図-3は、計算法-Aによって求めた、覆工の上下縁応力である。表-1は、最大圧縮、引張上下縁応力について、円形の $\alpha = 1.0$ の場合の最大圧縮応力に対する比を表わしたものである。表-2は、計算法-Bによって求めた、覆工に発生する、最大圧縮、引張主応力について、円形の $\alpha = 1.0$ 、 $\gamma = 0.01$ の場合の最大圧縮主応力に対する比を表わしたものである。

4. 覆工形状と覆工応力の関係

計算法-Aによると、荷重が周囲から同程度に作用する場合には、覆工の形状によって発生する応力は著しく異ってくる。すなわち、最大圧縮応力は、II、IIIの形状では、Iの場合の6~15倍の値となっており、一方最大引張応力はIの場合には発生しないのに対して、II、IIIの場合には、絶対値にして、それとほぼ最大圧縮応力に近い値が発生

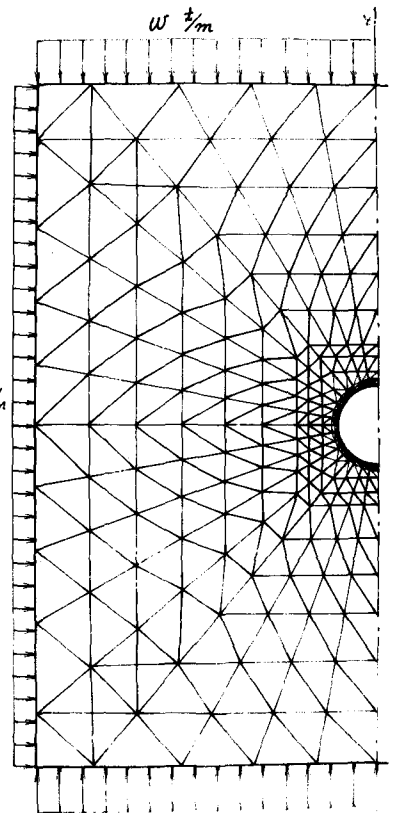


図-2

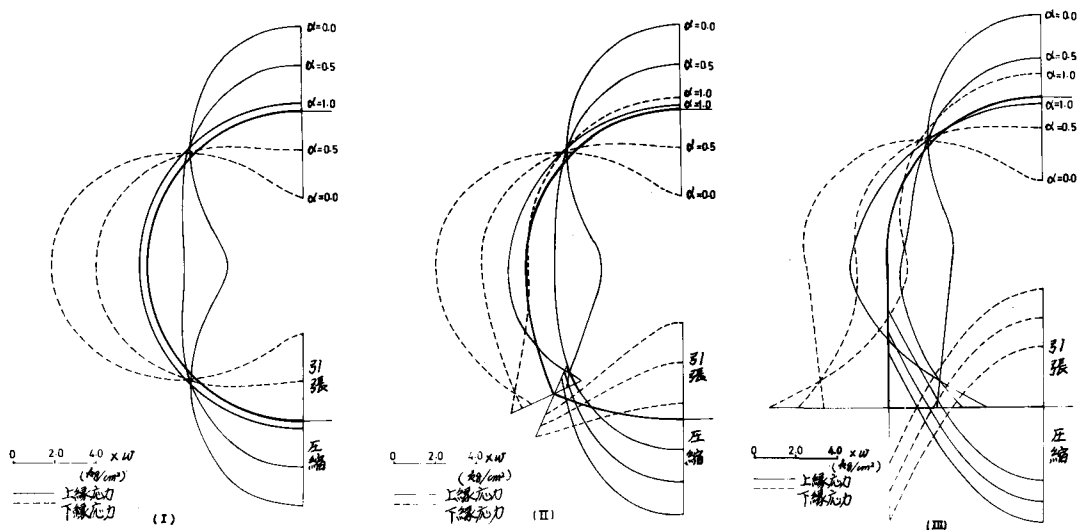


図 - 3

している。荷重が上下方向に偏ってくると、覆工の形状による応力の違いは次第に少なくなり、上下方向だけの場合 ($\alpha = 0$) は、I, II ではほとんど差がなく、III ではやや I, II の場合に比べ大きくなっている。また I の場合は荷重の偏りが、発生する応力の大きさに大きな影響を及ぼしている ($1.0 \rightarrow 12.25$, $0.0 \rightarrow 11.25$) が、III の場合にはほとんど影響を及ぼしていない ($14.75 \rightarrow 15.23, 12.84 \rightarrow 15.32$)。全般的に円形断面の場合が、発生する応力が一番小さく、次いで II, III の順に大きくなっている。同一断面では、圧縮応力の方が、引張応力より、その絶対値は大きい。荷重が偏るに従ってその差が次第に大きくなっている。

次に計算法 - B によると、全体的な傾向は計算法 - A の場合とほぼ同じであるが、覆工の形状による応力の差は、計算法 - A の場合ほどは生じていない。すなわち、この計算の範囲内では、最大圧縮主応力においては I の場合の高々 3~4 倍が II, III の場合に発生しており、荷重が偏るにつれて形状の差はほとんどなくなり、場合によっては円形断面の方が、その他の形状の場合より大きい主応力が発生していることもある。なお当然であるが、計算法 - B においては覆工の弾性係数と地山のそれとの比が応力の発生に大きな影響を与えている。

以上のことと、実際に作用する荷重が偏りのない水圧的なものではない場合が多いことを考え合わせると、図 - 1 に示した 3 つの覆工形状の間には、実際に発生する応力の最大値にそれほど差がないものと考えられる。

表 - 1 $\times 0.75 W$ 集

	α	I	II	III
最大圧縮主応力	1.0	1.0	6.03	14.73
	0.75	3.81	6.15	13.11
	0.5	6.63	8.31	12.45
	0.25	9.44	10.45	12.84
	0.0	12.25	12.61	15.23
最大引張主応力	1.0	0.00	3.91	12.84
	0.75	2.07	6.72	11.47
	0.5	5.12	7.36	11.61
	0.25	8.19	10.00	13.47
	0.0	11.25	12.64	15.32

表 - 2 $\times 1.29 W$ 集

	α	δ	I	II	III
最大圧縮主応力	1.0	0.01	1.00	2.92	3.78
	1.0	0.1	0.65	1.05	1.72
	1.0	1.0	0.15	0.24	0.45
	0.5	0.01	1.67	1.80	1.94
	0.5	0.1	0.80	0.77	1.21
	0.5	1.0	0.19	0.18	0.32
	0.0	0.01	2.40	1.96	1.95
	0.0	0.1	0.95	0.88	0.85
	0.0	1.0	0.24	0.21	0.23
	1.0	0.01	0.20	1.55	0.58
最大引張主応力	1.0	0.1	0.11	0.04	0.21
	1.0	1.0	0.02	0.00	0.02
	0.5	0.01	2.38	0.98	0.88
	0.5	0.1	0.02	0.05	0.11
	0.5	1.0	0.01	0.00	0.02
	0.0	0.01	1.54	1.56	1.34
	0.0	0.1	0.23	0.30	0.36
	0.0	1.0	0.09	0.07	0.07