

京都大学 学生員○倉橋実 京都大学 学生員 Yingyongrattanakul NARENTORN
京都大学 正会員 足立紀尚 京都大学 正会員 建山和由

1. はじめに

近年、交通量の増大に伴い、3車線以上に対応した大断面トンネルが計画、施工されている。このような大断面トンネルにおいては、掘削土量の減少、地下空間の有効利用などの点を考慮すると、一般に偏平な断面形状となることが多い。従って、偏平断面トンネルの安定性と経済性について十分な検討が必要である。

本研究では、トンネル断面の真円率、覆工部分の断面形状が、覆工の力学挙動に与える影響について検討を行った。特に、セグメントの材質が引張りに弱いコンクリートが多いことを考慮して、引張りひずみの発生に着目し、安定かつ経済的なトンネル断面形状について考察を行った。

2. 模型実験概要

図-1 に示す実験装置に発泡スチロール製の模型トンネルを設置し、地山材料としてケイ砂6号を撒き出す。トンネル模型の覆工部分には、天端を基準として動径が0, 45, 90, 135度の位置、およびその対称な位置の外側と内側に、計16枚のひずみゲージを貼付する。土かぶりの高さが所定の位置に達した後、重量100Nの鉄板を計7枚、上載荷重として順次載荷させる。各荷重段階ごとにトンネル模型に貼付したひずみゲージにより、発生するひずみを計測する。地山材料として使用したケイ砂6号の諸元と、トンネル模型の覆工部分の材質として用いた発泡スチロールの物性値を表-1に示す。また図-2に、模型実験で使用したトンネル模型について、断面形状の各パターンを示す。

3. 実験結果および考察

等厚の覆工形状をもつトンネル模型について、真円率に着目してひずみ、軸力、曲げモーメントの比較を行ったグラフを図-3に示す。また、各真円率ごとに覆工部分の断面形状に着目してひずみの発生の比較を行ったグラフを図-4に示す。これらの図から以下のことがいえる。

1) 真円率による比較

・図-3aより真円率が大きくなると、覆工に発生する軸力は、小さくなる。

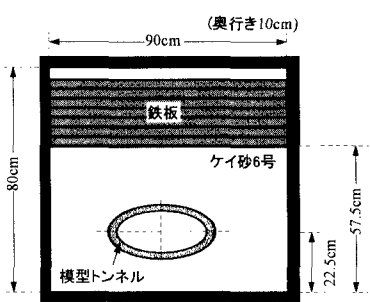


図-1 実験装置

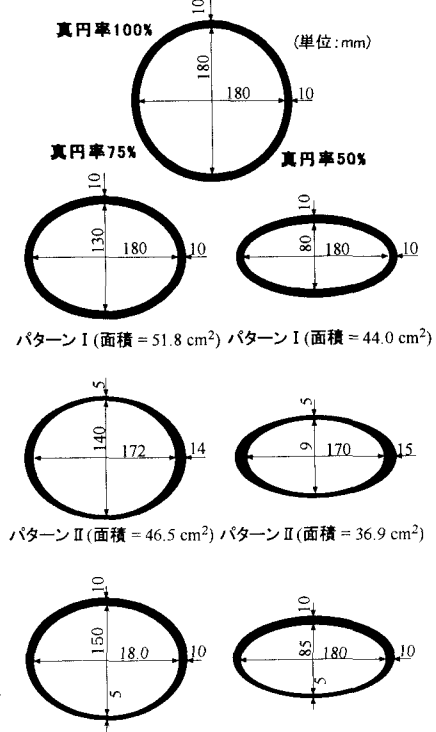


図-2 実験パターン

表-1 実験の諸元

	地 山	トンネル模型
材 料	ケイ砂 6号	発泡スチロール
相対密度	60%	-
乾燥密度 g/cm ³	1.5	0.03
弾性係数 kN/m ²	5000	3900
ポアソン比	0.33	0

・図-3b, c, d より真円率が小さくなると、覆工に発生する曲げモーメント、ひずみは大きくなっており、また引張りひずみに着目すると、円形の場合はほとんど発生しないが、真円率が小さくなると天端部内側、側壁部外側で大きく発生している。

これらのことから、真円率が大きいと軸力が支配的となって覆工を支えているが、トンネルが偏平になるにつれて曲げモーメントが支配的になるといえる。

2) 覆工部分の断面形状による比較

・図-4a～d より各真円率ごとに引張りひずみの発生に着目して比較を行うと、真円率 75, 50%いずれの場合もパターンⅠにおいて最も大きな引張りひずみが発生している。

・図-4a, b より真円率 75%の場合はパターンⅡで引張りひずみの発生がかなり抑えられている。

・図-4c, d より真円率 50%の場合は、パターンⅡとⅢに明確な差異はみられないが、天端部内側に発生する引張りひずみについてみると、パターンⅡの方が小さい。

これらのことから、パターンⅡの覆工形状が、引張りひずみの発生を抑えるという点で、特に真円率 75%の場合に安定であるといえる。

3) 覆工の外側と内側に発生するひずみの相違

覆工部分の断面形状に着目すると、覆工の外側に発生するひずみは、図-4a, c より各パターン間に大きな差異はみられず、図-3-c より真円率によって大きく異なる。これに対し、覆工内側に発生するひずみは、図-4b, d より各パターン間で大きく異なる。

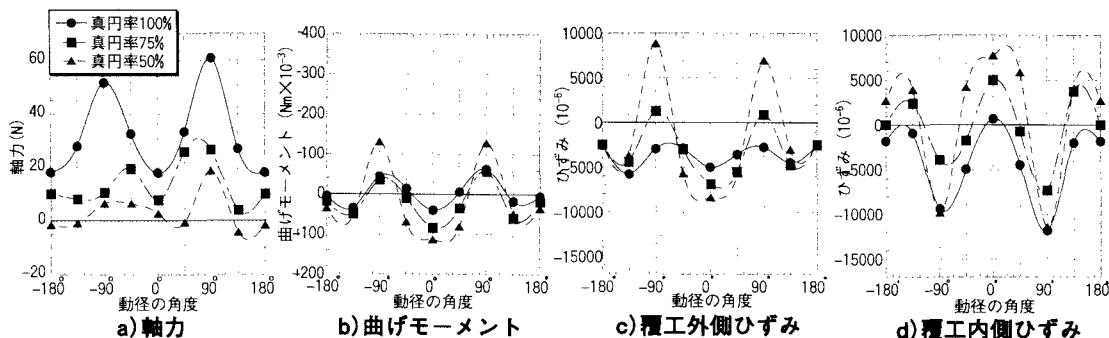


図-3 等厚覆工の真円率による断面力、ひずみの比較

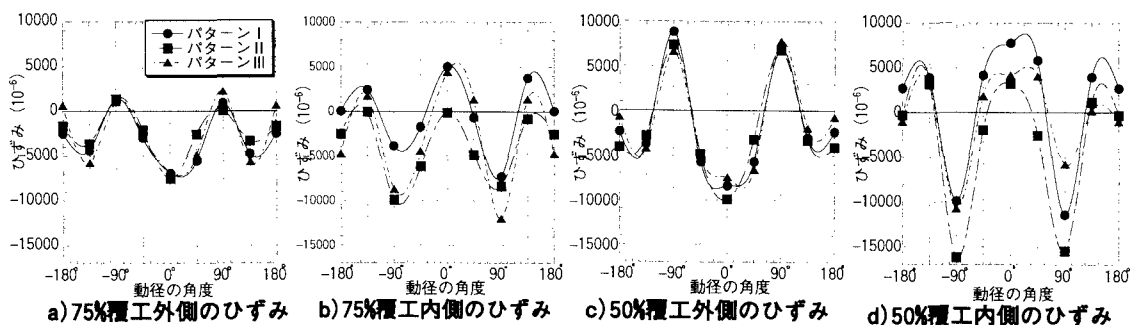


図-4 覆工部分の断面形状によるひずみの比較

4. まとめ

土圧、上載荷重に関してさらなる検討が必要であるが、引張りひずみの発生に着目すると、覆工の側壁に重点を置いたパターンⅡが安定であるといえる。パターンⅡ、Ⅲの覆工部分の断面積はパターンⅠよりも 10%ほど小さくしてあるため、覆工の厚さを部分的に変化させることで、安定かつセグメントの使用量を削減した経済的なトンネル断面を造ることが可能であるといえる。