

第二名神高速道路 超大断面扁平シールド工法における覆工構造の最適化に関する検討（その2）

足立紀尚* 建山和由** 木村 亮** 岸田 潔**

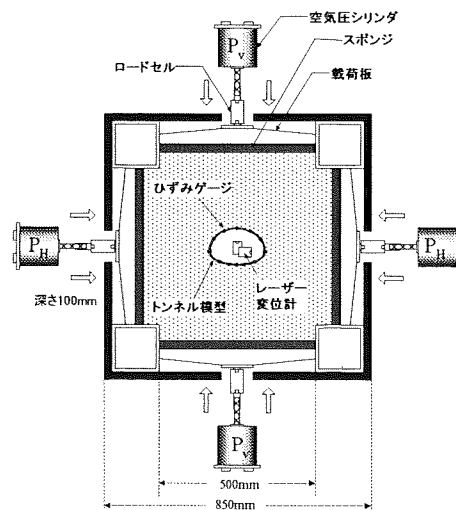
1. 研究の目的

近年、高速道路などの道路トンネルをシールド工法で施工しようとする事例が増えつつあるが、都市部で3車線のトンネルを施工するには、従来の円形断面を採用すると掘削断面積が非常に大きくなり、異形・扁平断面（馬蹄形断面）を採用せざるを得ないことになる。超大断面の異形・扁平断面をシールド工法で掘削した実績は少なく、その構造的な安定性は明らかではない。特に扁平断面覆工に作用する土圧の解明と扁平断面セグメントの設計方法の確立は、従来の円形断面シールドトンネルの取り扱いの延長で議論することが必ずしも最適な設計方針を得るとは限らず、扁平断面に適した設計方法を考えることが望ましい。

扁平断面トンネルでは曲げモーメントが卓越してくるため、覆工に引張応力が発生し易くなる。扁平断面トンネルにおいてこの引張応力の発生を抑制するには、ボルト・鉄筋等の引張部材を使用するか、覆工厚分布を変化させることにより引張応力の発生を抑制し得る覆工構造を採用する等の対策が考えられる。本検討では、扁平断面トンネル覆工に関する模型実験と数値解析から得られる知見と簡易計算、線形計画法を用いた覆工の最適設計を考慮して、最終的に覆工の最適設計手法の基本的な考え方と設計指針の確立を目指す。

2. 研究の方法

図－1 に示す実験装置を用いて、トンネルに作用する鉛直荷重と水平荷重の比がトンネル覆工の



図－1 2方向載荷型模型実験装置上面図

*京都大学・名誉教授、**京都大学・大学院工学研究科・助教授

力学挙動に与える影響の把握を行った。さらに、この実験を有限要素法によりシミュレートし、実験結果と解析結果を比較検討することにより、扁平断面トンネル覆工の検討を行った。有限要素法では、地盤を弾塑性要素、覆工をソリッド要素でモデル化し、解析を行った。

3. 得られた成果

これらの実験および解析結果から、多くの知見を得た。その一部を以下に示す。

- 1) 真円率が小さくなるにしたがって、発生する曲げモーメントが大きくなる。つまり、扁平な断面ほど曲げモーメントが支配的となってトンネル覆工を支える。引張ひずみの発生は、真円率が小さい断面であるほど大きく発生する。また、その発生箇所は、クラウン・インパートの内側、スプリングラインの外側である。
- 2) 楕円形断面、馬蹄形断面ともに、スプリングラインの覆工厚を重視した覆工断面形状にすることで、引張ひずみの発生を抑制できる。これは断面が扁平なほど顕著にみられる。
- 3) 曲げモーメントに関しては、スプリングラインの覆工厚を重視した覆工断面形状になると、クラウン、インパートにヒンジを挿入したような曲げモーメント分布をし、スプリングラインに大きな曲げモーメントが集中する。
- 4) 馬蹄形断面では、インパートの内側にも大きな応力が集中するが、スプリングラインからインパートにかけての覆工厚を重視しても、引張ひずみの発生を効果的に抑制できない。このことから、スプリングラインの覆工厚を重視することがトンネルの安定性に寄与する効果は大きいといえる。
- 5) トンネル覆工の内空変位は荷重比の減少にともなって、クラウン・インパートは内側に、スプリングラインは外側に変位する。この変位は真円率・覆工厚に反比例する。
- 6) 覆工に作用する鉛直土圧を算定することで、覆工に作用する土圧が、トンネル覆工の変形にともなって、土圧分布が大きく変化し、両スプリングライン側に再配分されている可塑性がある。
- 7) 数値解析より、荷重比が大きい段階では、トンネル覆工にはほぼ等分布な鉛直土圧が作用しているといえるが、荷重比が小さくなると、クラウン・インパートでは地盤にゆるみが生じ、土圧が増加せず、スプリングラインに作用する鉛直土圧が大きくなる。よって、トンネル覆工の変形にともなって土圧の再配分が起こっているといえる。ここから、模型実験の結果から予想した土圧の再配分が起こるという仮説が実証された。

4. 謝 辞

本研究は、日本道路公団関西支社大阪工事事務所より委託されたものであり、関係各位に謝意を表す。