

III-B 165 ゆるみによるトンネル周辺土圧特性に関する遠心力実験

首都高速道路公団 正会員 小笠原 政文 正会員 佐々木 一哉
 竹中土木 ○正会員 藤井 義文 正会員 畑中 善徳
 竹中土木 正会員 野村 成樹

1. まえがき

著者らは、遠心力载荷装置を用い、2本の円形シールドトンネルが近接して施工される場合のトンネルに作用する土圧に関する実験を行っている。特に、砂質地盤のゆるみ土圧の大きさは、Terzaghiや村山の研究で明らかにされているものの、トンネル周辺地盤の土圧については不明な点が多い。そこで、1本のトンネル模型を用いて、テールボイドによるゆるみが発生した時の周辺土圧の変化について調べた。

2. 実験装置および手順

実験装置は、トンネル掘削装置、セグメント模型およびトンネルカバで構成されている¹⁾。セグメント模型は、実物との重量およびテールボイドの大きさの相似則を合わせるため、セグメントを外径100 mm、厚さ4.8 mmの硬質アルミ製とし、トンネルカバを厚さ1.5 mmの鋼製とした。実験は、重力場であらかじめ地盤中に設置したセグメントとトンネルカバを遠心力場でカバのみ引抜いた場合（ケース1）と、トンネル掘削装置を用いてセグメントの設置からトンネルカバ引抜きまでの一連の実験をすべて遠心力場で行った場合（ケース2）で実施した。

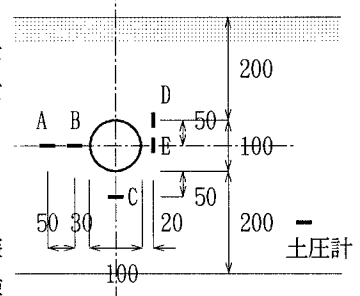


図-1 トンネルと土圧計の位置関係

3. 実験条件

遠心加速度は50 gとした。砂地盤は相対密度91%（単位体積重量 1.62 gf/cm^3 ）とした。土被りは、トンネル外径（D）の2倍の200mmとし、その周辺に受圧面の直径が30mmの土圧計5つを図-1のように配置した。土圧計Eは、遠心力で土圧計Dに影響を与えないよう、奥行き300 mmの土槽中心より40mmずつ前後に80mm離れた。

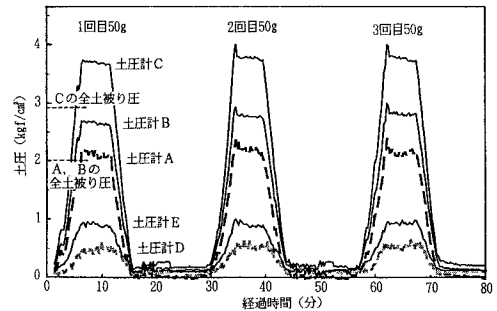


図-2 繰返し载荷と土圧計の出力

4. 実験結果

(1) 繰返し载荷実験

本実験の前に、土圧計を砂地盤に設置した状態で1 gと50 gとの繰返し载荷を3回行った。ケース1の実験結果を図-2に示す。図より、土圧計Cは全土被り相当圧 2.8 kgf/cm^2 に対し 3.8 kgf/cm^2 、土圧計A, Bは、 2.0 kgf/cm^2 に対しそれぞれ 2.3 kgf/cm^2 と 2.8 kgf/cm^2 となり絶対値は大きくなったが、各土圧の再現性は高いことがわかった。絶対値が大きくなったのは、砂と土圧計との剛性の差と考えられる。

(2) ケース1（重力場掘進⇒遠心力場トンネルカバ引抜き）

ケース1の重力場掘進後の遠心力場での土圧の経時変化を図-3に示す。図より土圧計A, B, Cは、重力場掘進により上記初期値より小さくなった。トンネルカバを引抜きにおいては、一時的に土圧が上昇し、その後急激に減少した後、再び増加した。鉛直土圧の上昇は、トンネルカバ引抜き時に

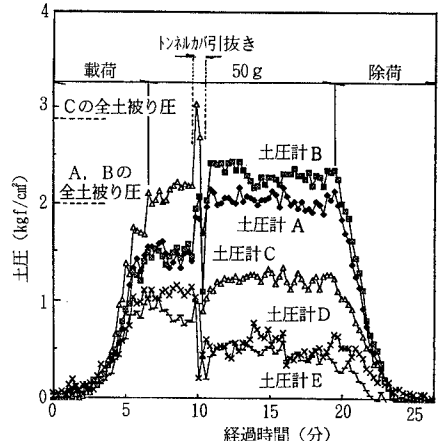


図-3 ケース1におけるトンネルカバ引抜きと周辺地盤土圧

トンネルカバと砂とのせん断や縦断方向のグランドアーチによるものであり、土圧が急激に減少したのは砂粒子の移動によるものと推定される。土圧計A, Bはトンネルからの離隔がそれぞれ0.8D, 0.3Dで、カバ引抜き後の鉛直土圧は初期値に対しそれぞれ0.9 kgf/cm², 0.6 kgf/cm²、割合で60%, 40%増大し、土被り圧より大きくなった。

また、土圧計Cはゆるみの発生により約1 kgf/cm²土圧が減少した。この値は土被りに換算して12 cm程で、全土被り20cmからテルツアギのゆるみ高さ7 cmを差引いた値となった。一方、土圧計D, Eの水平土圧もゆるみの発生に伴い半減した。これは、地盤が静止土圧状態から主動土圧状態に変わったためと考えられる。

(3) ケース 2（遠心力場掘進⇒遠心力場トンネルカバ引抜き）

遠心力場で掘進中のトンネル先端位置と土圧を図-4に示す。トンネル中心に対し垂直面をもつ土圧計C, Eは大きなピークを示してその値も等しく、平行な面をもつ土圧計A, Bは明確なピークをもたなかった。これは、トンネル切羽前面の応力分布がトンネル中心から広がる圧力球根状態であるためと推定される。

切羽土圧の影響は、土圧計Eでは1D、土圧計Cでは0.7Dほど手前から受け、0.1～0.3D手前でピークに達し、その後切羽通過とともに急激に減少した。また、土圧計Cがトンネル位置25 cmから再び増加したのは、トンネル掘削装置が土槽内に25 cm貫入した時点から排土装置を含めたトンネル先端の方が重くなり、鉛直土圧が大きくなったためと考えられる。その後、これらの応力が大きいままトンネルカバを引抜いた。その結果を図-5に示す。図より土圧計C, D, Eはゆるみの発生により1/3程度になった。一方、土圧計A, Bはそれぞれ10%、50%の土圧の増加が見られた。

(4) ケース 1, 2 の比較

両ケースを比較すると、ケース2では遠心力場掘削により地盤内に応力が残留あるいは土圧計に応力が集中し、カバ引抜き前に大きな土圧が出力された。すなわち、本掘削装置によるゆるみ土圧実験では、重力場で掘削し遠心力場でカバを引抜く方が現象を説明し易い結果が得られた。

(5) ゆるみによるトンネル側方地盤の鉛直土圧の増加

追加実験では、トンネルから1D離れた場所では鉛直土圧の増加はほとんどなかった。これと鉛直土圧の増減分の積分値が等しいことを考慮し、ケース1の実験結果から初期土圧から増加した土圧分布を図-6に示す。図より鉛直土圧は、トンネル側部から急激に増加するものと推定される。

5. おわりに トンネル掘進時およびゆるみ発生時のトンネル周辺土圧について、興味ある結果が得られた。今後、さらに実験を重ね、シールドトンネル周辺地盤のゆるみ土圧と作用荷重について検討していきたい。なお、本実験の実施にあたり、東京都立大学今田教授に貴重なご助言を頂いた。

1) 小笠原ら：超近接シールドの作用土圧に関する遠心力実験（その1）第31回地盤工学研究発表回, 1996. 7.

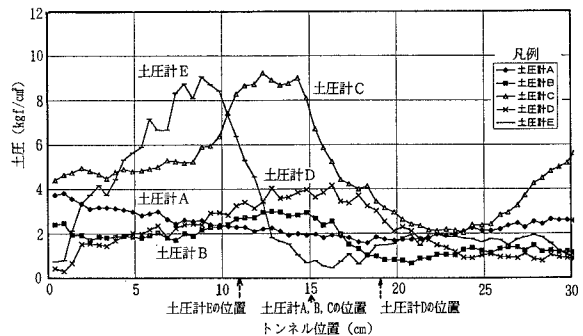


図-4 遠心力場掘進における周辺地盤土圧

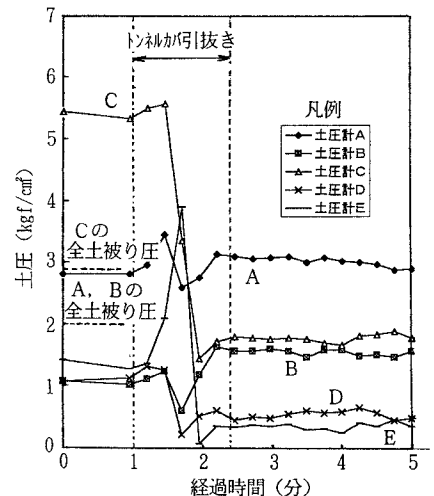


図-5 ケース2におけるトンネルカバ引抜きと周辺地盤土圧

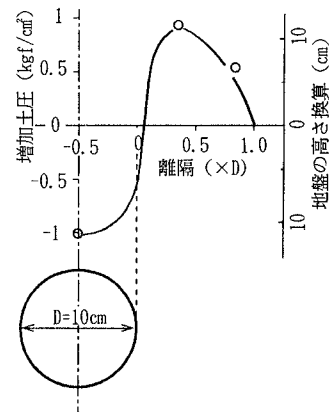


図-6 ゆるみによるトンネル周辺の鉛直土圧の増加