

Ⅲ-B110

土被りが浅い未固結地山トンネルに作用する荷重の現場計測

建設省土木研究所 正会員 ○池口 正晃
 同上 正会員 真下 英人
 同上 正会員 石村 利明

1. はじめに

現在道路トンネルは全国各地で建設されているが、とりわけ都市部の需要が非常に高まってきている。都市部では土被りが浅く、かつ地山の固結度が低い条件下での建設が多いため、都市部におけるトンネルの最適な支保構造を設計するには、そのような条件下における、トンネル周辺の地山挙動に伴い発生する支保荷重を的確に把握する必要がある。よって当研究ではその把握を目的として、土被りが浅い未固結地山トンネルにおける、トンネル周辺の地山の挙動とトンネル直上の地山の地表面・地中沈下量と、トンネルに建て込む鋼アーチ支保工の脚部に作用する荷重を現場計測した。

2. 計測方法

現場計測を実施したトンネルの諸元を表-1に示す。本トンネルは全区間を通して土被りが浅く、最大土被りは、掘削幅に対して約半分程度の厚さである。また設計段階から、先行変位を抑制する対策として充填式フォアパイリングが、また脚部沈下を抑制する対策としてウイングリブが取り入れられている。

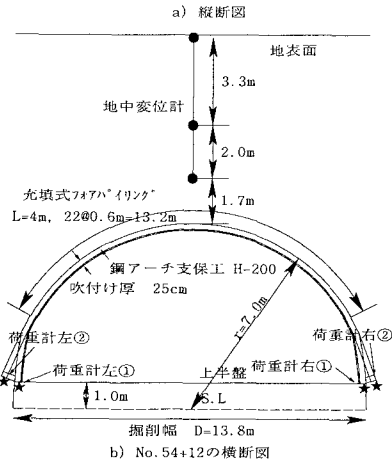
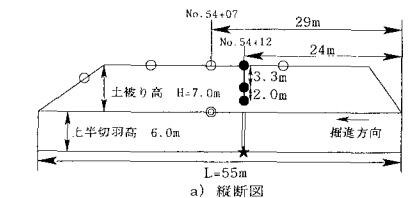
実施した現場計測の種類とその配置を図-1に示す。すなわち、地表面・地中沈下量の計測を、No.54+12 のトンネル C.L 直上の3点で実施した。ただしそのうちの1点は地表面を計測し、残りの2点は、地表面から 3.3m, 5.3m 下で計測した。地表面沈下計測（トンネル断面方向）は4断面で実施し、1断面につきトンネル C.L の1点と、C.L から 10m および 20m 離れた地点を左右対称に4点、あわせて5点を計測した。鋼アーチ支保工脚部にかかる荷重は、鋼アーチ支保工と上半掘削盤との接地面の部分に、鋼アーチ支保工と地山との間に荷重計を挟むようにして設置し、切羽進行に伴って変化する計測値の推移を記録した。

3. 計測結果

図-2に、No.54+12 のトンネル断面直上に設置した地表面・地中沈下量と、上半切羽からの距離（以降切羽距離とよぶ）との関係を示す。なお切羽距離は掘削幅 D で無次元化する。この図によると、全ての測点において、切羽が到達する $0.5D$ 前（すなわち $-0.5D$ ）の位置で沈下が始まり、切羽が到達した段階で最終沈下量の約半量が沈下し、約 $0.5D$ の位置で収束する。沈下の絶対量についても、地表面、3.3m 下、5.3m 下の全測点の沈下量がほぼ同じである。またこの図を補足するために、No.54+12 に最も近い A 計測断面であ

表-1 計測したトンネルの諸元

地 質	洪積粘土層と砂層の互層
掘削方法	ショートンナ
粘着力 c (kgf/cm ²)	0.36
内部摩擦角 ϕ (°)	36.0
単位体積重量 (gf/cm ³)	1.7
土被り H (m)	7.0
上半掘削幅 D (m)	13.8



計測の種類と凡例	
●	地表面・地中沈下計測
○	地表面沈下計測（トンネル断面方向）
◎	天盤沈下計測
★	鋼アーチ支保工脚部にかかる荷重計測

図-1 実施した現場計測の種類とその配置

キーワード；トンネル，低土被り，現場計測，地山の変位，支保荷重
 連絡先；〒305-0804 茨城県つくば市旭 1，TEL 0298-64-4689，FAX 0298-64-0178

る No.54+07 の天端沈下量の推移も併記した。ただし天端沈下量を示す軸は、地表・地中沈下量を示す軸と 15mm ずらして表わす。軸をずらした天端沈下量の推移は、切羽が通過したあとの地表面・地中沈下量とよく似ていることから、切羽が到達するまでにトンネル天端部が 15mm 沈下したと仮定すると、地表面からトンネル天端までの全範囲のトンネル上方地山が、 $-0.5D$ から $0.5D$ の切羽位置の時にかけて、土塊として全体的にトンネル内空へシフトするように移動したことが想定される。また図-3に、No.54+12 に最も近い地表面沈下計測の断面である、No.54+07 における地表面沈下量のトンネル断面方向の分布を示すが、C.L 上の測点の地表面沈下量がとくに大きいことから、トンネル掘削によってずり落ちる地山の範囲は、おもにトンネル内空直上と地表面の間に挟まれた区間であることが推定される。

一方、図-4に鋼アーチ脚部にかかる荷重の変化量と切羽位置との関係を示す。ただし、鋼アーチ支保工、吹付けコンクリートの重量による影響を除いて、地山の挙動に起因する作用荷重のみを着目するために、切羽距離 0D で吹付けコンクリートを打設した直後の荷重計の計測値を 0t として整理した（ちなみに、0D で吹付け後の段階における 4 測点の計測値の総和は、鋼アーチ支保工 H-200 とトンネル縦断方向 0.2m 分の吹付けコンクリートの総重量とほぼ一致した）。4 測点のうち、荷重計左①と荷重計右①（図-2参照）の挙動は、両者とも 0D から 1D にかけて増加し、1D で収束する傾向が見られた。この傾向は、地表面・地中沈下量の挙動と同様であり、支保に作用する荷重は、トンネル上方の地山の挙動が影響して変化していることが考えられる。

また、トンネル横断方向を掘削幅、縦断方向を 0.2m（鋼アーチ支保荷重が H-200 であるため）、鉛直方向を土盛り高さの範囲を持つ、トンネル内空直上の地山の重量は 32.8tf であり、この重量が全て荷重計に作用すると仮定すれば、計測値も同じ値を示すことになる。しかし実際の計測では、上半貫通時の全荷重計の総和は 10.2tf であった。上記の仮定と計測値が正しいとすると、当トンネルの支保工には、トンネル上方地山のうちの一部の荷重しか作用していないことになるが、荷重計の計測値が小さい理由には、吹付けコンクリートの付着力によって、吹付けコンクリートと吹付けコンクリート周辺の地山とが一体になった構造体が形成されるため、上載荷重をトンネルの支保工だけでなく周辺地山も同時に受けるようになり、その結果、支保工が一部の荷重しか分担しないことが考えられる。

4. おわりに

今後、模型実験や数値解析による検討手法を含めて、地山条件に応じたと支保に作用する荷重の検討を行うとともに、先受工による地山の変位を抑制する効果についても検討していく予定である。

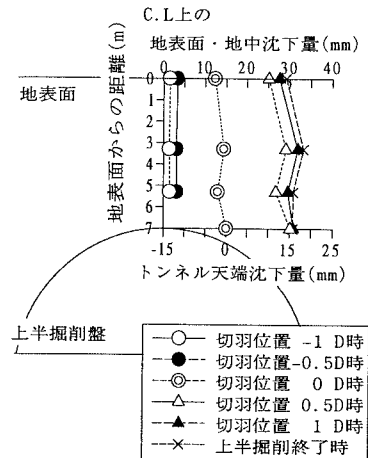


図-2 No.54+12における切羽距離と地表・地中沈下量との関係

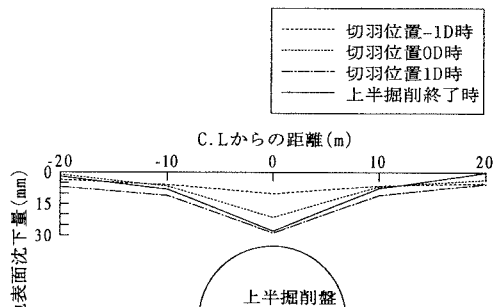


図-3 No.54+07における地表面沈下量の横断分布

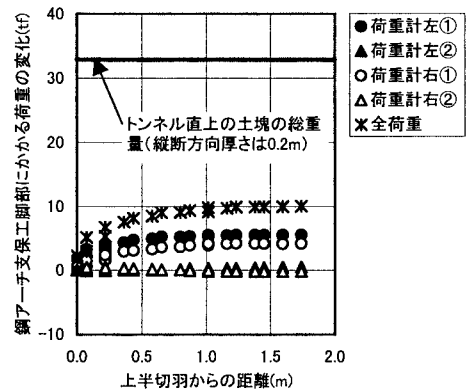


図-4 No.54+12における切羽距離と鋼アーチ支保工脚部にかかる荷重の変化の関係