

(株) 竹中土木 正員 山田 和男 正員 田川 弘義 長島 芳雄
竹中技術研究所 正員 中崎 英彦 正員 浅井 勝純

1. まえがき

トンネル掘削に伴う地盤挙動の解明に当っては地中応力の解放状況と把握する必要がある。筆者らは簡易な水平パイプひずみ計を利用してトンネル掘削による地中応力の解放率の評価を試みてきた。

本報告は、土被りの薄い砂質地盤のトンネル坑口部における①応力解放と地山挙動の関係及び②計測と施工管理へ適用した結果と報告するものである。

2. 地質条件及び施工方法

トンネル縦断・横断と地質状況及びパイプひずみ計設置位置を図-1、図-2に示す。地質は砂層を主体とした砂層・シルト層の互層であり、トンネル部以浅の地質は強度が小さく土被りは $1/5D$ 以下と非常に薄い。施工方法は側壁専坑先進上半リングカット工法であり、上半は鋼製支保工(H-200)と吹付けコンクリートによって施工した。

3. 計測方法

パイプひずみ計は直径 76mm 、長さは 23m でトンネル天端から 1.2m 上方にセットした。パイプに取付けたひずみゲージにより、曲げひずみとせん断ひずみと鉛直方向を 1m ピッチ、水平方向を 2m ピッチに測定した。

4. 上半施工時の計測結果

曲げひずみから求めたパイプの変形曲線とパイプ始端(坑口側)の傾斜角と絶対沈下量及び測点 $N0.5$ (計測ポイント $N0.20$)で測定したパイプ直上の地中変位量を用いてパイプの鉛直変位を算出した。掘削に伴うパイプ全体の鉛直変位を図-3に示す。上半施工終了時点までの全変位は、坑口部で最大 6mm 、終端で 35mm であった。測点 $N0.5$ では事前解析結果の変位量 32mm に対し実測は 36mm とよく対応している。切羽進行に伴うポイント別鉛直変位量を図-4に示す。上半掘削で生じた変位量から求めた切羽到達時の解放率は $12\sim 26\%$ と比較的小さな値となっている。筆者らが実施した他のトンネルの計測においても、被りの薄い場合(被り高さ/トンネル径 $\approx 1.0\sim 3.5$)には最終沈下量が大きく、小さな解放率が得られている。沈下量に着目すると切羽到達までは $4\sim 10\text{mm}$ 程度しか生じておらず、切羽到達後から急激に増加しており、覆工時期が地山の变形に大きな影響を及ぼすことがわかる。掘削による影響は切羽到達前 $1/5D$ から現われ、通過後 $2.0D$ 程度まで及んでいる。ひずみ変動率で整理した結果を図-5に示す。これは上半施工に伴う曲げひずみの変動率であり、せん断ひずみ変動率もほぼ同じ変動傾向を示している。切羽を中心に前後 $0.5D$ の範囲で急激に

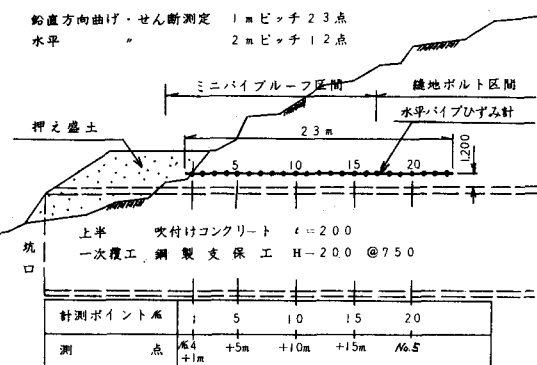


図-1 トンネル縦断及び計測位置

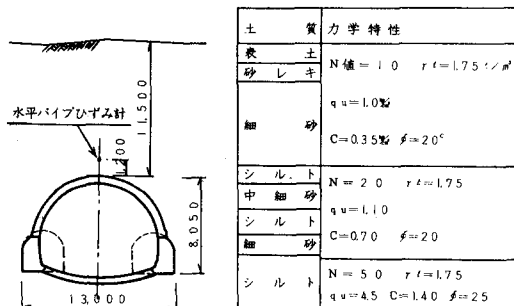


図-2 横断(測点底5)及び計測位置

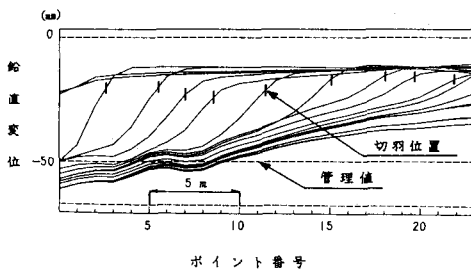


図-3 水平パイプ全体鉛直変位経時変化

ひずみの変動が生じており、切羽ひずみの変動率は40~60%程度であり、以前風化粘板岩層で行った計測結果と似かよった傾向を示している。これらのことから、トンネル近傍の地山のひずみは比較的早期に収れんし、その後上方地山全体が沈下してきているものと判断され、土被りの薄さの影響とも考えられる。

5. 施工管理結果

水平パイプひずみ計を用いた計測管理に当って破壊時の限界ひずみから求めた絶対沈下量の管理と並行して本村らの提案するQ管理手法を適用した。すなわち、トンネル上方の被りの薄い地山を縦断的に1つの梁部材とみなし、等間隔で測定したパイプの鉛直変位量から $Q=Q/EI<EI=梁の曲げ剛性$ と求め、土のせん断強度から $F_s=1.5$ として管理を行なった。パイプ設置区間についてのQ値の経時変化を図-6に、切羽進行に伴うポイント別Q値を図-7に示す。Qの最大値は被りの小さい坑口部分で大きくなっており、ポイント8付近まで $F_s=1.0$ とした限界値を越えた。図-7によれば、切羽到達時とその前後でピークを示しており、大きなせん断応力が発生していることがわかる。切羽通過直後、ポイント2の押え盛土境界付近の地表面にフラックが発生した。覆工耐力には余裕があったので、地山のせん断ひずみを緩和させるために切羽の進行を早めて掘削後ただちに吹付けコンクリートも施工する方法をとった。なおQ値が限界値を越えている区間では、沈下量も管理値の50mmを越えた。

6. あとがき

土被りの薄い地山あるいはトンネル坑口部等では、地山の状況や施工法の違いによってトンネル掘削時の地山挙動が複雑に変化する。水平パイプひずみ計測は比較的簡単に行なえ切羽到達前からの地山の挙動を正確に把握でき、設計解析へのフィードバックや施工管理に有効に活用できるものである。今後、種々の地山のデータの蓄積を計るとともに、施工法、土被り厚さを考慮して鉛直変位の進行状況あるいは累積ひずみ変動率と応力の解放率の関係等についてさらに詳細な検討を行ない、同時に分析・評価手法についてもさらに研究を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 浅井勝徳他「水平パイプひずみ計による応力解放率の予測と評価」第39回年次学術講演会 1984
- 2) 横山章他「NATMによる掘削時の現場計測に基づく施工管理手法」トンネルと地下 VOL.15 NO.14

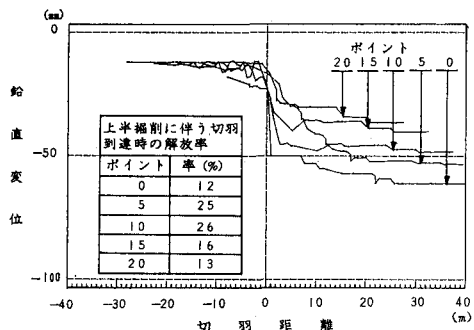


図-4 切羽進行に伴うポイント別鉛直変位量

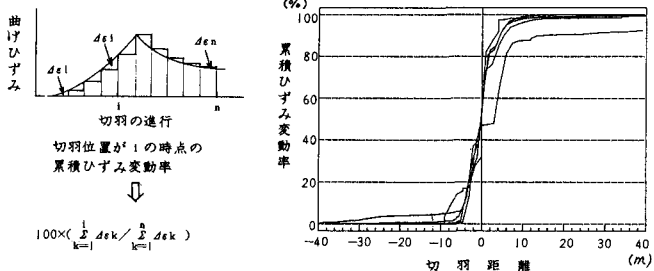


図-5 曲げひずみの累積変動率曲線

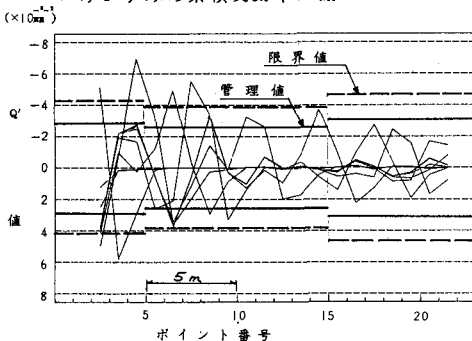


図-6 全測定点のQ値経時変化

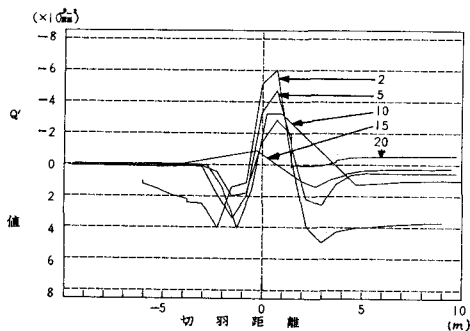


図-7 切羽進行に伴うポイント別Q値