

国鉄・構造物設計事務所 正員 垂水尚志

“○山崎幹男

まえがき

トンネルを併設する場合、その離間距離が覆工（ここではセグメント）の断面力、地盤変形に及ぼす影響を検討しなくては必要があると思われる。つまり、国鉄のシールドトンネル設計施工指針⁽³⁾では、トンネル併設の影響は必ず荷重を増すことにより評価している。シールドトンネルの併設の影響に関する研究、現場測定は1969年K. Peak が報告した以来、特に注目され、盛ん行なわれるようになって、いくつかの貴重な現場測定結果が発表されている。軟弱地盤中に単一トンネルを施工する場合、地盤の沈下は正規分布曲線により近似される場合が多い。一方、トンネルを併設する場合とは、離間距離により、沈下の大きさ、沈下形態が変化するようである。後続トンネルの掘削に際しては、先行トンネルよりすこし地盤が固くあり、より沈下が大きくなる場合が多いといわれている。ここには、前回の報告⁽¹⁾で土圧測定結果、断面力の検討その他を引き続き、トンネル併設に伴う地盤変形、塑性領域の発生などの項について、簡単なモデルを想定し有限要素法を用いて検討した結果を報告する。

沈下の要因および沈下パターン

沈下の要因として次の項が掲げることが出来る。④ 掘削による
応力解放の結果生ずる地盤の弾塑性変形：これは地盤を掘削すること
によって生ずる比較的早期の「変形」であり、切羽部への呼び込み、テ
ールボイドへの地山の動き等が含まれる。⑤ 露工の変形：シ
ールド内で組み立てられたセグメントリングが地山に接した後、土圧
により生ずる変形。⑥ 圧密：トンネル掘削により生ずる地下水位
低下により応力再分配などにより地山に圧密現象が生ずると思われる。
また、シールド推進に伴う地盤の隆起（沈下）は、切羽の到達前に生
ずる先行沈下、シールド通過時の沈下およびシールド通過後の後

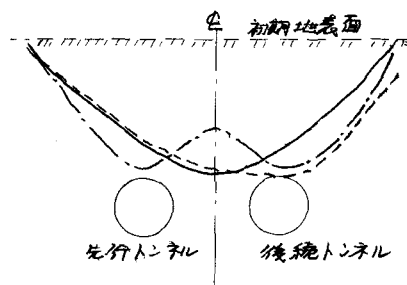


図-1 トンネル併設の場合の
流下パターン

決定下大別である。図-1 トンネル解説によつて生ずる沈下パターンの特徴を示した。図中、実線はトンネル中央部で最大沈下の生ずる場合であり、一点鎖線は両トンネル上部で最大沈下量の生ずる場合であり、破線は、後続トンネルの上部に最大沈下の生ずる場合である。このようなパターンになるかは、施工順序、施工の巧拙、地盤の種類、トンネル間隔等によつて決定されるであろう。文献-2 では沈下分布を左右非対称の現場測定例を紹介されている。

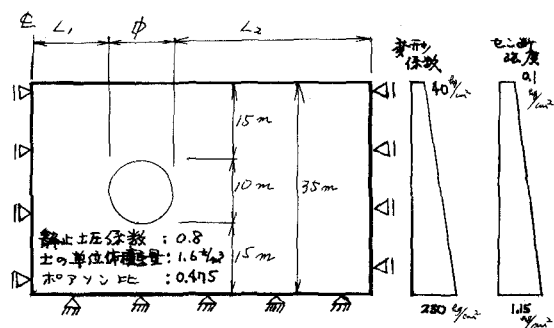


図-2 解析モデル

解析方法および解析モデル

地盤を完全弾塑性体と考へ、解析モデルを Fig. 2 に示すものも考へた。トニネル周囲粘土 Case 1: 0.6 倍

Case 2: 1D, Case 3: 1.8D, Case 4: 2.6D である ($D=10\text{m}$, 2つのトンネルは少々過大すぎるが5mがあるが、大略の沈下傾向を検討するためのモデルとして10mを採用した)。図の規定モデルと三角形要素に分割した(要素数: 455, 節点数: 266)。ここでは、トンネルボルトに地山が押し出してくる場合を想定し、掘削面の変位が10cm程度になるように掘削面の掘削と静止土圧の1/2の荷重を逐次作用させた。各段階の地中応力は、(初期応力)+(作用荷重による応力増加分)として算定される。

解析結果

変位: ここでは、併設の2トンネルが同時に施工される場合を

規定1211の。図-3に4Caseの地表変位の計算結果を示した。この地表沈下はStep 2(静止土圧の1/2×2が掘削面に作用した場合)にあるものであり、4Caseのク

ラウニング部にある沈下は一致しているが、沈下形状はStep 1より2Dは同じであった。図に示すように、トンネル間隔が0.6D (Case 1) の場合には、最大沈下はトンネル中央部を生成し、トンネル間隔が1Dでトンネルクラウニング部の地表沈下が最大となる傾向がみられる。図-4, 5

には、Case 1, 4の地表、地中の変位を示してある。Case 1の場合には地表沈下はトンネル中央部で最大であるが、地中ではトンネル中心部と併設トンネル中央部の間で最大沈下を生成している。Case 4のようにトンネル間隔が十分大きい場合には地表と地中の沈下パターンはほぼ類似していると考えられる。同一荷重を作用させた時の沈下はトンネル間隔が大きい程小さくなる。すなわち、間隔1Dの場合に比べ、併設トンネル中央部では、1.4(0.6D), 0.7(1.8D), 0.6(2.6D), トンネルクラウニング部の地表沈下は、1.2(0.6D), 0.9(1.8D), 0.8(2.6D)

となる。また、地表の最大沈下はトンネルクラウニング部の沈下の6~7割であった。

塑性領域: 図-6に塑性領域の発現状況を示した。塑性領域とは地山に生ずる最大せん断応力が地山のせん断強度を越えた領域のことと、図によりトンネル間隔の影響が明瞭である。(以上解析結果を略述した)

参考文献

- 1) 堀本山崎, "トンネル併設の影響", 94年度関東学術大会
- 2) 建設省 "併設トンネル工事における地盤沈下", 土木技術, 1972. 11.

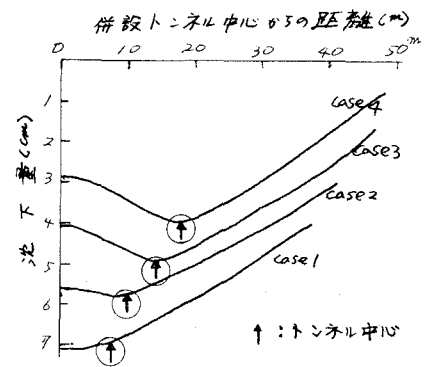


図-3 地表面沈下

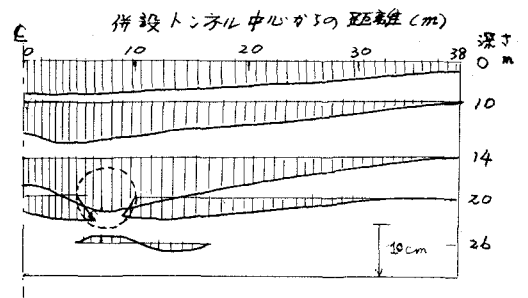


図-4 地表、地中変位 (Case 1)

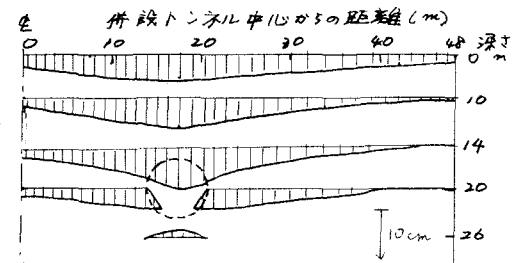


図-5 地表、地中変位 (Case 4)

	Step 1	Step 2	Step 3
Case 1			ほぼ全域が塑性化
Case 2			同上
Case 3			
Case 4			

図-6 塑性領域の発現状況