

VI-73 市街地の地中管路用マンホール工事における NATM・深礎併用工法の適用

東京電力(株) 栃木支店 正会員 中村 幸雄
東京電力(株) 栃木支店 正会員 山本 隆義
清水建設(株) 土本 正和
清水建設(株) 土本 正和

1. はじめに

当該マンホール設置箇所は、宇都宮市中心部の商店、民家などが周辺に密集した市道直下にあり、道路幅員が狭いうえに既設埋設物が非常に多いことから、開削工法を採用した場合、振動・騒音など近隣への影響と施工の困難が懸念された。

このため、変電所に隣接するマンホールとそれに続く管路については、市道から直角に曲げて地下変電所と接続する必要があること、収容設備との関係から必要断面が変化することなどの条件を考慮し、近隣に与える影響が最も少なく、断面変化に対応可能なNATMによるトンネル工法を採用した。

特にマンホールについては、本体をNATMで掘削後、人孔立坑掘削を深礎で行うNATM・深礎併用工法を適用した。

そこで人孔立坑の掘削が本体トンネルの力学的安定性に及ぼす影響について、解析および計測により評価した。

2. マンホールの影響予測

当該マンホール付近の地質は、地表より粘土層、砂礫層、凝灰質砂岩により構成される。このうち、砂礫層は、透水係数が 10^{-2} sec/cmと透水性が高く、地下水位以下にあるため、この層を掘削する場合には、多量の湧水の発生が予想された。また、基盤となる凝灰質砂岩は、 $qu=50\text{kgf/cm}^2$ 程度の軟岩であるが、 RQD は40～85%と高く均質な岩盤であると判断された。

人孔立坑の影響については、トンネル掘削後、地表よりトンネル上部に向かい立坑掘削を行うことから、トンネル掘削時に地山内に形成されたロックアーチや支保部材の応力が変化し、新たな応力状態が形成されるため、この評価が問題となる。

立坑掘削による周辺地山挙動に主眼をおき、図-1に示すとおり軸対称モデルによる有限要素法により解析することとした。解析結果はトンネル天端付近で圧縮側に 1.5kgf/cm^2 増加する。この応力増加値は、深礎掘削部から遠くなるにつれて減少し、トンネル側壁付近ではほとんど無視できる程度となる。したがって、人孔立坑掘削の影響は、主としてトンネル天端から側壁上部付近となることから、本工事においてはトンネル上部の立坑取付部付近を主体にロックボルトによる補強を行うこととした。

表-1 立坑掘削による応力増分 (kgf/cm^2)

位置	σ_r	σ_z	σ_θ	σ_{rz}
①	0.04	0.40	-1.52	-0.22
②	0.15	0.31	-0.55	-0.19
③	-0.00	0.19	-0.24	-0.02

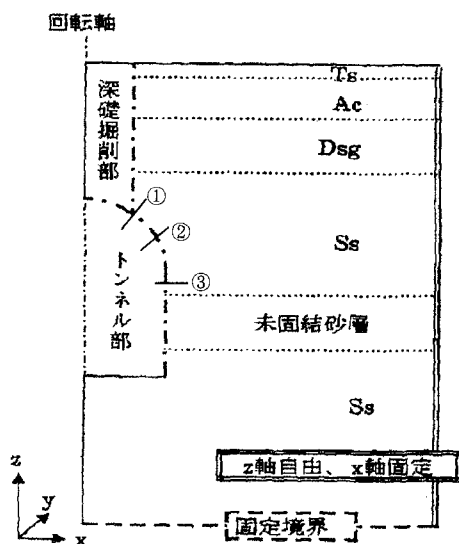


図-1 解析モデル図（軸対称）

3. 計測結果と考察

立坑掘削の影響については表－2に示すとおりであり、立坑掘削に伴い支保工軸力と吹付コンクリート応力は減少し、支保工曲げモーメントは増加している。（図－2）

この増加量は、アーチ部では大きく側壁部ではほとんどゼロとなり、解析結果と同じ傾向を示している。これは、立坑掘削によりトンネルのアーチ効果が減少し、トンネル軸方向応力が増加するためと考えられる。

また、ロックボルトの軸力経時変化は図－3に示すとおり、立坑掘削が水平トンネルに近づくにつれ圧縮側に減少となり、立坑が到達すると再び引張側に増加している。これは、立坑掘削が水平トンネルに近づくにつれて、地山内応力は徐々に解放され、トンネル周辺部の周方向応力が除荷されると同時に半径方向応力が増加するが、立坑掘削がトンネル天端に達し、アーチ領域や支保部材が除去されると再配分応力や支保部材応力の一部が解放され、トンネルは変形するという応力再配分過程を明瞭に示すものである。

したがって、これらの過程を考慮すると、変形能か小さい地山の場合には、特に立坑掘削の影響評価と、これに基づくロックアーチ欠損部の応力伝達のための吹付コンクリートの増厚、地山に直接作用するロックボルトの増打等の補強が不可欠と考えられる。

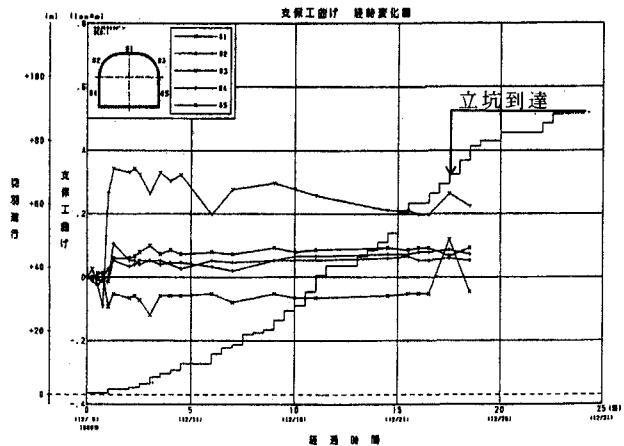
4. あとがき

市街地における洞道建設工事に際して、周辺環境に与える影響を極力小さくすることを目的としNATMを採用した。また、特にマンホールの施工に関しては、NATMで施工したトンネルに地上から基礎で立坑を構築する工法を採用した。その結果は本報告に述べているように非常に興味深いデータを採取できた。このような3次元的な問題に際しては、まだ応力の干渉や発生メカニズム、さらに予測する際の解析コード等の未解決な部分も存在する。

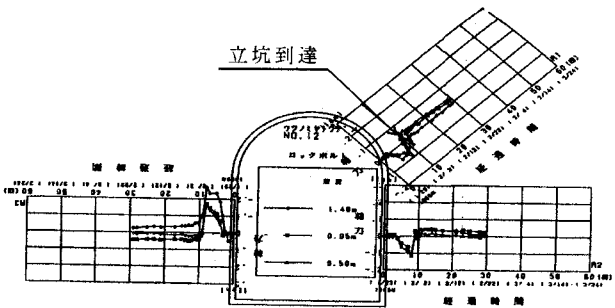
今回は比較的地質の良い所の施工であったが、今後の地質の良くない地域での同種の施工に際して有力な資料になると考えている。

表－2 立坑掘削に伴う応力変化（天端）

計 測 項 目	掘 削 前	掘 削 後
支 保 工 軸 力	16.2 t	10.9 t
支保工曲げモーメント	-0.05tm	0.12tm
吹付コンクリート応力	5.4kgf/cm ²	4.1kgf/cm ²



図－2 支保工曲げ経時変化図



図－3 ロックボルト軸力経時変化図